

CHARGE TRANSFER DEVICE AND ITS MANUFACTURING AND DRIVING METHOD

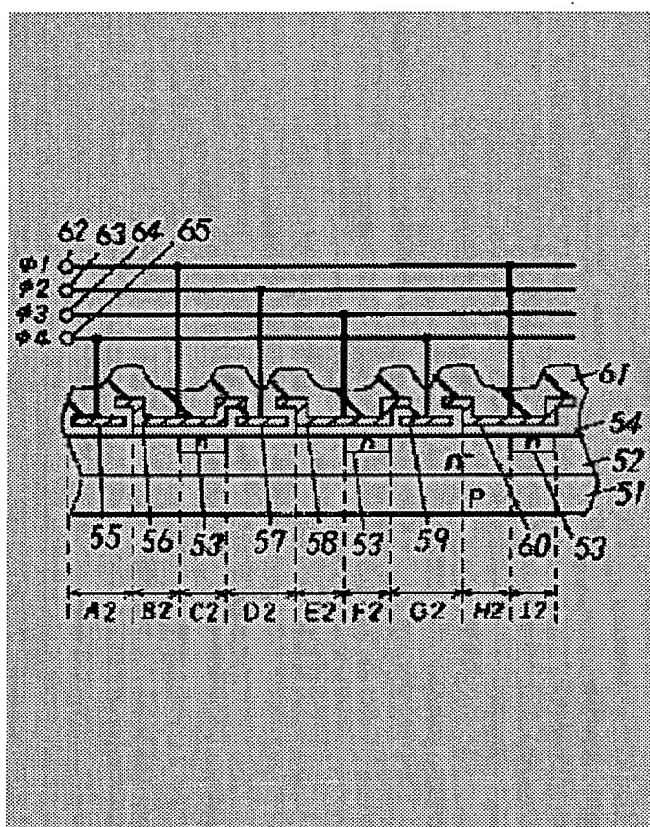
Patent number: JP5006993
Publication date: 1993-01-14
Inventor: ASAUMI MASASHI; KURODA TAKAO
Applicant: MATSUSHITA ELECTRONICS CORP
Classification:
 - international: H01L27/148
 - european:
Application number: JP19910267571 19911016
Priority number(s): JP19910267571 19911016; JP19900304732 19901109

Report a data error here

Abstract of JP5006993

PURPOSE: To raise transfer efficiency by decreasing the signal charge left behind, and shorten the effective gate length so that the transfer speed can be increased.

CONSTITUTION: An n diffused layer 52 is made on a semiconductor substrate 51. At the surface of the n \leftrightarrow diffused layer 52 are made at regular intervals a plurality of n diffused layers 53. The interval between adjacent n diffused layers 53 is approximately 5-10 μ m. On a semiconductor substrate 51 is made an insulating film 54. On the insulating film 54 are made transfer electrodes which have two types of shapes. These two types of transfer electrodes are arranged alternately. These transfer electrodes 55-60 are greatly different in length. The lengths of the long transfer electrodes 56, 58, and 60 are approximately twice the lengths of the short transfer electrodes 55, 57, and 59. Furthermore, the right ends of the n diffused layers 53 nearly accord with the space positions at the right ends of the transfer electrodes 56, 58, and 60 made on a gate oxide film.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-6993

(43)公開日 平成5年(1993)1月14日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H01L 27/148		8223-4M	H01L 27/14	B

審査請求 未請求 請求項の数17(全 22 頁)

(21)出願番号 特願平3-267571

(22)出願日 平成3年(1991)10月16日

(31)優先権主張番号 特願平2-304732

(32)優先日 平2(1990)11月9日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000005843

松下電子工業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 浅海 政司

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電子工業株式会社内

(72)発明者 黒田 隆男

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電子工業株式会社内

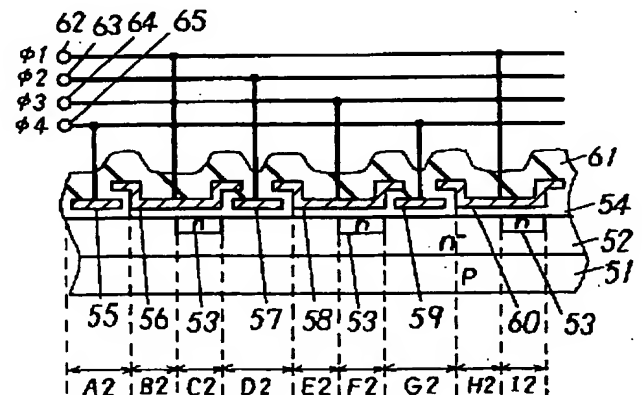
(74)代理人 弁理士 宮井 暎夫

(54)【発明の名称】 電荷転送装置とその製造方法および駆動方法

(57)【要約】

【目的】 信号電荷の取り残しを少なくし、転送効率を高めるとともに、転送速度を高くできるよう実効的なゲート長を短くする。

【構成】 半導体基板51にn⁺拡散層52が形成されている。n⁺拡散層52の表面には、等しい間隔で複数個のn⁺拡散層53が形成されている。隣合うn⁺拡散層53の間隔は、5~10 μ m程度である。半導体基板51上には絶縁膜54が形成されている。絶縁膜54上には、2つのタイプの形状を持つ転送電極が形成されている。この2つのタイプの転送電極は、各々交互に配列されている。これらの転送電極55~60は、その長さが大きく異なっている。長い方の転送電極56、58、60の長さは、短い方の転送電極55、57、59の長さの約2倍に形成されている。さらに、n⁺拡散層53の右端が、ゲート酸化膜上に形成された転送電極56、58、60の右端の空間位置とほぼ一致している。



1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一導電型の半導体基板と、前記半導体基板に形成された逆導電型の第 1 の拡散層と、前記第 1 の拡散層に形成された逆導電型の第 2 の拡散層と、前記半導体基板上に形成された絶縁膜と、前記絶縁膜上に形成された第 1、2 の転送電極とを備え、前記第 1 の転送電極の長さが前記第 2 の転送電極の長さより長いことを特徴とする電荷転送装置。

【請求項 2】 前記第 2 の拡散層の不純物濃度が前記第 1 の拡散層の不純物濃度より高いことを特徴とする請求項 1 記載の電荷転送装置。

【請求項 3】 第 1 の拡散層と第 2 の拡散層の不純物濃度の比が約 1、3 倍であることを特徴とする請求項 1 記載の電荷転送装置。

【請求項 4】 前記第 1 の転送電極の長さが前記第 2 の転送電極の長さの 1、6 倍以上、4 倍以下であることを特徴とする請求項 1 記載の電荷転送装置。

【請求項 5】 前記半導体基板表面に形成されるチャンネル電位が前記第 2 の拡散層より第 1 の拡散層の方が高くなることを特徴とする請求項 1 記載の電荷転送装置。

【請求項 6】 前記第 1、2 の拡散層が空乏化した時のチャンネル電位が前記第 1 の拡散層の電位よりも前記第 2 の拡散層の方が駆動パルス電圧の約半分高くなることを特徴とする請求項 1 記載の電荷転送装置。

【請求項 7】 前記第 2 の拡散層の長さは、前記第 1 の拡散層の長さの 0、4 倍から 2、8 倍であることを特徴とする請求項 1 記載の電荷転送装置。

【請求項 8】 一導電型の半導体基板と、前記半導体基板に形成された逆導電型の第 1 の拡散層と、前記第 1 の拡散層に形成された逆導電型の第 2 の拡散層と、前記第 2 の拡散層と隣接して形成された第 3 の拡散層と、前記半導体基板上に形成された絶縁膜と、前記絶縁膜上に形成された第 1、2 の転送電極とを備え、前記第 1 の転送電極の長さが前記第 2 の転送電極の長さより長いことを特徴とする電荷転送装置。

【請求項 9】 前記第 1、2、3 の拡散層の不純物濃度の大きさが、第 1 の拡散層<第 2 の拡散層<第 3 の拡散層であることを特徴とする請求項 8 記載の電荷転送装置。

【請求項 10】 前記第 1 の転送電極の長さを前記第 2 の転送電極の 2 倍とし、前記第 2 の拡散層の長さを前記第 1 の転送電極の長さの 10% から 90% の範囲としたことを特徴とする請求項 8 記載の電荷転送装置。

【請求項 11】 前記第 2 の拡散層の長さを前記第 3 の拡散層の長さと同しくし、前記第 1 の転送電極の長さを前記第 2 の転送電極の長さの 0、61 倍以上としたことを特徴とする請求項 8 記載の電荷転送装置。

【請求項 12】 一導電型の半導体基板と、前記半導体基板に形成された逆導電型の第 1 の拡散層と、前記第 1 の拡散層に形成された逆導電型の第 2 の拡散層と、前記

2

半導体基板上に形成された絶縁膜と、前記絶縁膜上に形成された第 1、2、3、4 の転送電極とを備え、前記第 1、3 の転送電極の長さが前記第 2、4 の転送電極の長さより長く形成されており、前記第 1、3 の転送電極に H 電位、前記第 2、4 の転送電極に L 電位を印加する過程と、前記第 3 の転送電極の電位を L 電位とする過程と、前記第 2 の転送電極を H 電位とする過程と、前記第 4 の転送電極の電位を L 電位とする過程とを含むことを特徴とする電荷転送装置の駆動方法。

【請求項 13】 前記第 1、3 の転送電極の電位が H 電位から L 電位に変化した後、L 電位の状態を他の状態より長く保持することを特徴とする請求項 12 記載の電荷転送装置の駆動方法。

【請求項 14】 前記第 2、4 の転送電極から前記第 1、3 の転送電極に電荷転送するときのパルス印加時間が、前記第 1、3 の転送電極から前記第 2、4 の転送電極に電荷転送するときのパルス印加時間よりも短いことを特徴とする請求項 12 記載の電荷転送装置の駆動方法。

【請求項 15】 一導電型の半導体基板と、前記半導体基板に形成された逆導電型の第 1 の拡散層と、前記第 1 の拡散層に形成された逆導電型の第 2 の拡散層と、前記半導体基板上に形成された絶縁膜と、前記絶縁膜上に形成された第 1、2、3、4 の転送電極とを備え、前記第 1、3 の転送電極の長さが前記第 2、4 の転送電極の長さより長く形成されており、前記第 1、2 の転送電極は同電位で、前記第 3、4 の転送電極が同電位であり、前記第 1 の転送電極の電位と前記第 3 の転送電極の電位が逆相であることを特徴とする電荷転送装置の駆動方法。

【請求項 16】 半導体基板の主面にイオン注入で第 1 の拡散層を形成する工程と、前記第 1 の拡散層上に第 1 の絶縁膜を形成する工程と、前記第 1 の絶縁膜上にレジストパターンを形成する工程と、前記レジストパターンをマスクにしてイオン注入し第 2 の拡散層を形成する工程と、前記半導体基板上に第 1 の転送電極を形成する工程と、前記第 1 の転送電極を酸化し第 2 の絶縁膜を形成する工程と、前記半導体基板上に第 2 の転送電極を形成する工程とを含む電荷転送装置の製造方法。

【請求項 17】 前記第 2 の拡散層を形成した後、前記第 2 の拡散層内にイオン注入で第 3 の拡散層を形成する工程を付加することを特徴とする請求項 16 記載の電荷転送装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は電荷転送装置とその製造方法および駆動方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 電荷結合素子 (CCD) に代表される固体撮像装置は、低雑音特性等が優れている。このためその実用化が著しくなっている。

3

【0003】以下、図面を参照しながら従来の固体撮像装置に用いられている電荷転送装置についてその構造と駆動方法について説明する。

【0004】図19ないし図22に従来の電荷転送装置の例としていわゆる4相駆動電荷転送装置の構造と駆動方法を示す。

【0005】図19は装置の構造を示すものである。1はp型半導体基板、2はいわゆる埋め込み型チャンネルCCDのチャンネル部となるn⁻拡散層、3～6は転送電極、7はSiO₂等の絶縁層、8～11は各転送電極への電圧印加端子である。

【0006】図20は駆動電圧波形を示すものである。φ1～φ4は各々電圧印加端子8～11に印加される電圧波形である。

【0007】図21は図20の時刻t1～t5におけるチャンネル部2の電位分布を示すものである。

【0008】領域A1～F1は図19に示した領域A1～F1に対応する。16、17は転送電荷である。

【0009】図20に示すようにt=t1においては、電圧印加端子8、9に高い電圧（以下”H”と記す）が印加される。また、電圧印加端子10、11には低い電圧（以下”L”と記す）が印加される。つまり、転送電極3、4にHレベル、転送電極5、6にLレベルの電圧が印加される。

【0010】図21に示すようにHレベルの電極に対向した転送チャンネルの電位が高く（以下”ポテンシャル井戸”と呼ぶ）なる。このポテンシャル井戸に信号電荷16、17の電子が蓄積される。

【0011】次にt=t2では電圧印加端子10、すなわち転送電極5がLからHに変化する。このため信号電荷16、17は転送電極3、4、5に対向したチャンネルのポテンシャル井戸に蓄積される。

【0012】次にt=t3では電圧印加端子8、すなわち転送電極3がHからLに変化する。このため転送電極3の下に形成されていたポテンシャル井戸が消失する。ここに溜っていた電荷は転送電極4、5下のポテンシャル井戸へ移動する。

【0013】以上の動作により、信号電荷16、17は転送電極一個分だけ移動したことになる。

【0014】以下同様の動作を繰り返して信号電荷を次々に転送していく。このように電荷転送装置では、信号電荷を決められた時間内に過不足なく隣のポテンシャル井戸へ転送しなければならない。

【0015】図22は図21のt=t4からt=t5へと移る過渡状態を示すものである。21はt=t4における電位分布、24はこの時の信号電荷、22は過渡時の電位分布、25はこの時の信号電荷、23はt=t5における電位分布、20は電荷の移動を現わしている。

【0016】転送電極4に印加される電圧がHからLに変化すると、転送電極4に対向したチャンネル部は電位

4

21から電位23の状態に変化する。この時、信号電荷24のうち転送電極4に対向した部分のほとんどは信号電荷間の反発力により隣の転送電極5下のポテンシャル井戸へ移動するが、僅かな電荷25が残される。これらの電荷25を隣の転送電極5下のポテンシャル井戸へ移動させるのは拡散・フリンジ電界からの力である。これらの電荷25の移動終了をもって転送が終了される。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】以上述べたような従来の電荷転送装置の構成では、以下のような欠点があった。

【0018】従来の電荷転送装置は、隣合う転送電極の長さが等しいため信号電荷の取り残しが多く、転送効率が悪い。

【0019】また、転送電極下に1つの拡散層しかないため、拡散層に蓄積された信号電荷を転送するときに、取り残してしまう。

【0020】また、転送電極下に1つの拡散層しかないので、チャンネル電位差が駆動パルス電圧と同程度必要で制御性が悪い。

【0021】また、転送電極下に1つの拡散層しかないため、転送速度を高くすることを目的として実効的なゲート長を短くすることができない。

【0022】従来の電荷転送装置は、隣合う転送電極の長さが等しいため電荷転送装置の転送速度を早くできない。

【0023】以上のように従来の電荷転送装置では、有限の時間にすべての電荷を転送せねばならないが、しばしば取り残しを生じ100%の転送効率はなかなか得られない。そしてこの取り残された電荷は、撮像装置では画像のノジミとして現れ、画像品質を著しく損なう。

【0024】本発明の目的は、信号電荷の取り残しが少なく、転送効率のよい電荷転送装置とその製造方法および駆動方法を提供するものである。

【0025】また、本発明の目的は、チャンネル電位差が駆動パルス電圧の半分程度である電荷転送装置とその製造方法および駆動方法を提供するものである。

【0026】また、本発明の目的は転送速度を高くできるように実効的なゲート長を短くした電荷転送装置とその製造方法および駆動方法を提供するものである。

【0027】さらに、本発明の目的は、有限の時間にすべての電荷を転送でき、撮像装置の画像上のノジミを防止し、画像品質を向上させる電荷転送装置とその製造方法および駆動方法を提供するものである。

【0028】

【課題を解決するための手段】上記従来の問題点を解決するために、本発明の電荷転送装置は、一導電型の半導体基板と、前記半導体基板上に形成された逆導電型の第1の拡散層と、前記第1の拡散層に形成された逆導電型の第2の拡散層と、前記半導体基板上に形成された絶縁膜

と、前記絶縁膜上に形成された第1、2の転送電極とを備え、前記第1の転送電極の長さが前記第2の転送電極の長さより長い。

【0029】また、一導電型の半導体基板と、前記半導体基板に形成された逆導電型の第1の拡散層と、前記第1の拡散層に形成された逆導電型の第2の拡散層と、前記第2の拡散層と隣接して形成された第3の拡散層と、前記半導体基板上に形成された絶縁膜と、前記絶縁膜上に形成された第1、2の転送電極とを備え、前記第1の転送電極の長さが前記第2の転送電極の長さより長い。

【0030】上記従来の問題点を解決するために、本発明の電荷転送装置の駆動方法は、一導電型の半導体基板と、前記半導体基板に形成された逆導電型の第1の拡散層と、前記第1の拡散層に形成された逆導電型の第2の拡散層と、前記半導体基板上に形成された絶縁膜と、前記絶縁膜上に形成された第1、2、3、4の転送電極とを備え、前記第1、3の転送電極の長さが前記第2、4の転送電極の長さより長く形成されており、前記第1、3の転送電極にH電位、前記第2、4の転送電極にL電位を印加する過程と、前記第3の転送電極の電位をL電位とする過程と、前記第2の転送電極をH電位とする過程と、前記第4の転送電極の電位をL電位とする過程とを含む。

【0031】さらに、一導電型の半導体基板と、前記半導体基板に形成された逆導電型の第1の拡散層と、前記第1の拡散層に形成された逆導電型の第2の拡散層と、前記半導体基板上に形成された絶縁膜と、前記絶縁膜上に形成された第1、2、3、4の転送電極とを備え、前記第1、3の転送電極の長さが前記第2、4の転送電極の長さより長く形成されており、前記第1、2の転送電極は同電位で、前記第3、4の転送電極が同電位であり、前記第1の転送電極の電位と前記第3の転送電極の電位が逆相である。

【0032】上記従来の問題点を解決するために、本発明の電荷転送装置の製造方法は、半導体基板の主面にイオン注入で第1の拡散層を形成する工程と、前記第1の拡散層上に第1の絶縁膜を形成する工程と、前記第1の絶縁膜上にレジストパターンを形成する工程と、前記レジストパターンをマスクにしてイオン注入し第2の拡散層を形成する工程と、前記半導体基板上に第1の転送電極を形成する工程と、前記第1の転送電極を酸化し第2の絶縁膜を形成する工程と、前記半導体基板上に第2の転送電極を形成する工程とを含む。

【0033】

【作用】本発明の電荷転送装置は、第1の転送電極の長さを第2の転送電極より長くすることで、信号電荷の取り残しを著しく低減し、高い転送効率を得られる。

【0034】また、長い方の第1の転送電極下の2つの拡散層の不純物濃度を所定の関係で形成することで、拡散層に蓄積された信号電荷を転送するときに、取り残す

ことなく完全に転送できる。

【0035】また、長い方の第1の転送電極下の2つの拡散層の不純物濃度を所定の関係で形成することで、チャンネル電位差を駆動パルス電圧の半分程度にすることができる。

【0036】また、長い方の第1の転送電極下の2つの拡散層の内の1つの拡散層と半導体基板との間に拡散層が正となるような逆バイアス電圧を印加すると、長い方の第1の転送電極下に形成された2つの拡散層の両方を空乏状態にすることができる。

【0037】また、長い方の第1の転送電極下の2つの拡散層の一端を第1の転送電極の端部と一致させることで実効的なゲート長を短くすることができる。

【0038】また、長い方の第1の転送電極の長さを短い方の第2の転送電極より長くすることで、電荷転送装置の転送速度を早くできる。

【0039】また、長い方の第1の転送電極の長さが短い方の第2の転送電極の長さの1.6倍以上であれば、従来の電荷転送装置の転送時間より早く電荷を転送できる。

【0040】さらに、長い方の第1の転送電極の長さが、短い方の第2の転送電極の長さの4倍以下であれば本発明の電荷転送装置の転送に要する時間は、従来のそれより短時間で行なうことができる。

【0041】また、長い方の第2の転送電極の長さが短い方の第2の転送電極の長さの1.6倍以下の場合、長い方の第1の転送電極の長さが、短い方の第2の転送電極の長さの1倍以上であれば本発明の電荷転送装置の転送に要する時間は、従来のそれより短時間で行なうことができる。

【0042】また2相駆動の電荷転送装置では、長い方の第1の転送電極の長さが短い方の第2の転送電極の2倍とする場合、 n^- 拡散層の長さが長い方の第1の転送電極の長さの10%から90%の範囲であれば従来構造に対して電荷転送時間に関して優位性を保つことができる。

【0043】また、長い方の第1の転送電極直下の n^- 拡散層の長さが n 拡散層のそれと等しい場合には、長い方の第1の転送電極の長さは短い方の第2の転送電極の長さの0.61倍以上であれば、従来構造の電荷転送装置よりも転送時間を短くすることができる。

【0044】

【実施例】以下本発明の実施例について図面を参照しながら説明する。

【0045】図1ないし図3に本発明の第1の実施例を示す電荷転送装置とその駆動方法について説明する。図1は本発明による電荷転送装置の断面構造を示す。

【0046】図中、領域A2、B2、C2、D2、E2、F2、G2、H2、I2は、それぞれ転送電極および拡散層に対応した領域を示している。

7

【0047】p型シリコンウエハである半導体基板51に、深さ約0.5 μ mのn⁻拡散層52が形成されている。n⁻拡散層52の不純物濃度は、約6 $\times 10^{16}$ /cm³である。この不純物濃度の大きさは、後述する転送電極55~60に印加する電圧と、その不純物濃度の拡散層で取り扱うことのできる最大の電荷量との関係から決定される。またn⁻拡散層52の深さは、取り扱うことのできる最大の電荷量に達したときに、その電荷がシリコンと半導体基板51上のSiO₂との界面にまで達しない程度の深さに設定しておけばよい。

【0048】n⁻拡散層52の表面には、等しい間隔で複数個のn⁻拡散層53が形成されている。隣合うn⁻拡散層53の間隔は、5~10 μ m程度である。また、n⁻拡散層53の深さは約0.5 μ mである。n⁻拡散層53の不純物濃度は、約7 $\times 10^{16}$ /cm³である。このn⁻拡散層53の深さは、n⁻拡散層52と同様に所望の取り扱うことのできる信号電荷量の電荷がシリコンとSiO₂との界面準位の影響を受けない程度の深さに設定している。また、n⁻拡散層53の不純物濃度は、n⁻拡散層52およびn⁻拡散層53に正電圧を印加し、その拡散層を完全に空乏化させた時に、チャンネル電位がn⁻拡散層52よりもn⁻拡散層53の方が駆動パルス電圧の半分程度高くなるように設定する。n⁻拡散層52あるいはn⁻拡散層53は、いわゆる埋め込みチャンネル領域となる。

【0049】半導体基板51上には、SiO₂あるいはSiNまたはそれらの積層構造からなる絶縁膜54が形成されている。絶縁膜54は、後で説明する転送電極55、56、57、58、59、60の下に形成されており、転送電極55~60に対するゲート絶縁膜である。

【0050】絶縁膜54上には、2つのタイプの形状を持つ転送電極が形成されている。この2つのタイプの転送電極は、各々交互に配列されている。すなわち、この図では、左から転送電極55、その横に転送電極56、その横に転送電極57、さらにその横に転送電極58と、同様に転送電極59、60が平面上に形成されている。

【0051】これらの転送電極55~60は、その長さ（紙面の左右方向）が大きく異なっている。長い方の転送電極56、58、60の長さは、短い方の転送電極55、57、59の長さの約2倍に形成されている。さらに、n⁻拡散層53の右端が、ゲート酸化膜上に形成され*

$$N_A (N_A + N_D)$$

$$\phi - - \alpha$$

$$N_D$$

【0056】式中、N_Aは半導体基板51の不純物濃度、N_Dはn⁻拡散層53の不純物濃度、 α 、 β 、 γ 、 δ は比例定数、 ϕ はポテンシャルを示す。

8

*た転送電極56、58、60の右端の空間位置とほぼ一致している。n⁻拡散層53の長さ（紙面の左右方向）は、転送電極56、58、60の約半分の長さに形成されている。このような構造の電荷転送装置に電圧を印加すると、各転送電極55~60の直下にある半導体基板51表面にチャンネルが形成される（図示せず）。この例では、チャンネルは、半導体基板51の表面に連続的に形成される。すなわち、短い方の転送電極55、57、59の直下にある半導体基板51のn⁻拡散層52と長い方の転送電極56、58、60の直下にある半導体基板51のn⁻拡散層52と、転送電極56、58、60の直下に形成されたn⁻拡散層53の3つの領域にそれぞれ、チャンネルが形成される。各々のチャンネルの長さ（紙面の左右方向の長さ）は、ほぼ等しい長さとなる。

【0052】ここでn⁻拡散層53の不純物濃度は、n⁻拡散層52の不純物濃度よりも高くなるように形成しておく。

【0053】ここでは、n⁻拡散層53とn⁻拡散層52の不純物濃度の比は、約1.3倍程度になるように設定している。この値は、拡散層に蓄積された信号電荷を転送するときに、取り残すことなく完全に転送してしまうのに重要な値である。すなわち、このような不純物濃度比は、転送電極の駆動電圧や駆動周波数に影響を与える。このため、信号電荷を完全に転送するために、チャンネル電位差を駆動パルス電圧の半分程度にする。この時のn⁻拡散層53とn⁻拡散層52の不純物濃度の比を、約1.3倍程度にするのが望ましい。

【0054】こうすることによって、n⁻拡散層52と半導体基板51との間にn⁻拡散層52が正となるような逆バイアス電圧を印加すると、埋め込みチャンネル領域として用いられるn⁻拡散層53と、半導体基板51に形成されたn⁻拡散層52を空乏状態にすることができる。この時、n⁻拡散層53およびn⁻拡散層52に形成されるチャンネルの電位は、n⁻拡散層53の方がn⁻拡散層52よりも高くなる。なぜなら、空乏状態にするとn⁻拡散層53の電荷密度が大きくなる。このためn⁻拡散層53の電界強度が高くなり、そこでのポテンシャルもまた高くなるためである。このことは次式からも理解することができる。

【0055】

【数1】

$$N_A + N_D$$

$$+ \frac{(\beta + \gamma N_A + \delta N)}{N_D}$$

【0057】電荷転送装置の転送速度を早くするためには、ある転送電極直下のポテンシャル井戸にある信号電荷を、隣の転送電極下のポテンシャル井戸に転送する速

度を早くすればよい。しかし、この転送速度を早くしようとしても、拡散とフリンジ電界によって制約される。

【0058】ここで拡散は、電荷の濃度分布で、電荷量の多い所から電荷量の少ないところへ電荷が移動する現象を言う。また、転送電極直下のポテンシャル井戸は階段状に変化することが理想的であるが、実際には隣接した転送電極から生じる電界の影響を受けて完全な階段形状とは成らず、ポテンシャルは滑らかに変化する。このように本来信号電荷を転送する電界と異なる方向に発生した電界をフリンジ電界と言う。本来の転送電極に発生する電界と異なる方向の電界であるため、転送速度に大きな影響を与える。

【0059】一般に、拡散によってのみ全信号電荷を転送しようとする場合、その転送時間は転送電極のゲート長の2乗に比例する。また、同様にフリンジ電界によってのみ全信号電荷を転送しようとする場合、その転送時間はゲート長の3乗に比例する。従って、転送に要する時間を短くしようとする、ゲート長を短くすればよい。この実施例の場合、 n 拡散層53の右端を長い方の転送電極55の右端に一致するように、その空間的な位置を定めてやることで実効的なゲート長を従来の約2/3に短くすることができる。

【0060】このように従来の場合に比べて、ゲート長が2/3になると、転送速度は、1.7倍程度早くなる。

【0061】上述のように転送速度を制限する要因には、拡散とフリンジ電界がある。埋め込みチャンネル電荷転送装置の場合、転送電極からチャンネル内のポテンシャルが最大となる点までの距離が、約0.5 μ mもあるため、特にフリンジ電界の影響が大きくなる。

【0062】次に転送速度を早くするための条件を説明する。長い方の転送電極の長さを L_1 とし、 L_1 内の n 拡散層の長さを L_2 とし、短い方の転送電極の長さを L_3 とする。この時、 $L_1 + L_3 = L_0$ である。ここで L_0 は一定値である。また、 $L_1 = n L_3$ とする。ここで n は正の実数である。

【0063】これらの数値を用いると、従来の構造は $L_1 = L_3 = L_0/2$ 、 $L_2 = 0$ となる。

【0064】フリンジ電界についてだけ考えると、転送にかかる時間は、従来では $(L_0/2)^3 \times K$ と表現される。ここで K は比例定数である。

【0065】本実施例の構造では、長い方の転送電極すなわち n -拡散層と n 拡散層の各々に $L_1 - L_2$ と L_2 の長さのチャンネルがある。このため長い方の転送電極から短い方の転送電極への信号電荷の転送に要する時間は、 $\{(L_1 - L_2)^3 + L_2^3\} \times K$ となる。

【0066】一方、短い方の転送電極から長い方の転送電極への転送に要する時間は、 $L_3^3 \times K$ となる。

【0067】これらの転送に要する時間の内、時間が多くかかる方の時間が従来構造の転送に要する時間より短

ければ、従来構造の電荷転送装置より転送速度を早くすることができる。

【0068】例えば、 $L_2 = L_1/2$ となる電荷転送装置を考えた場合、 $(L_1 - L_2)^3 + L_2^3 = L_3^3$ となるためには、 n が約1.6程度であればよいことがわかる。

【0069】なぜなら、 $L_1 - L_2 = L_1/2$ であり、この値が $\{n/2(n+1)\} \times L_0$ に等しく、さらに L_2 もまた $L_1/2$ に等しいことからこの値と等しくなる。これらのことから L_3 は $\{1/(n+1)\} \times L_0$ に等しくなるためである。

【0070】従って、長い方の転送電極が短い方の転送電極の1.6倍以上であれば、長い方の転送電極から短い方の転送電極に転送するのに要する時間が支配的となる。

【0071】さらに、長い方の転送電極から短い方の転送電極へ転送するのに要する時間が、従来のそれより小さくなる条件を求める。すなわち、 $(L_1 - L_2)^3 + L_2^3 < (L_0/2)^3$ となる条件を求めると、 n は約4以下であればこの条件を満足する。つまり、長い方の転送電極の長さが、短い方の転送電極の長さの4倍以下であれば本実施例の電荷転送装置の転送に要する時間は、従来のそれより短時間で済むことができる。

【0072】次に、長い方の転送電極の長さが短い方の転送電極の長さの1.6倍以下の場合について考える。

【0073】短い方の転送電極から長い方の転送電極へと転送される電荷の転送に要する時間が、従来のそれより勝る条件を求める。すなわち $L_3^3 > (L_0/2)^3$ となる条件を求めると、 n が1以上であれば、すなわち長い方の転送電極の長さが、短い方の転送電極の長さの1倍以上であれば本実施例の電荷転送装置の転送に要する時間は、従来のそれより短時間で済むことができる。

【0074】また、例えば、 $L_1 = 2L_3$ であって、この時 L_2 は可変であるとする。この場合、上記したように長い方の転送電極から短い方の転送電極に転送されるのに要する時間が支配的となるので、 $(L_1 - L_2)^3 + L_2^3$ が $(L_0/2)^3$ と比較して小さくなればよい。

【0075】ここで、 $L_2 = m L_1$ とすると、 $(L_1 - L_2)^3 + L_2^3 = (1 - m)^3 \times L_1^3 + m^3 L_1^3$ となる。また、 $L_1 + L_3 = L_0$ であることから $L_1 = (L_0/3)$ となるから、 $(L_1 - L_2)^3 + L_2^3 = \{(1 - m)^3 + m^3\} \times (L_0/3)^3$ である。これを整理して従来のものより小さくなる条件を求める。すなわち、 $(1 - 3m + 3m^2) \times (1/3)^3 \times L_0^3 < (L_0/2)^3$ から m を求めると、 $0.26 < m < 0.74$ が得られる。

【0076】従って、長い方の転送電極下に設けられた n 拡散層の長さは、 n -拡散層の長さの0.4倍から2.8倍の間にあれば従来の電荷転送装置よりも転送に要する時間が短くて済む。当然の事であるが、この m の

範囲は、長い方の転送電極の長さより短い方の転送電極の長さとの比によって変化することは言うまでもない。

【0077】以上の説明から、以下の事がわかる。ここでは、長い方の転送電極56、58、60の長さを、短い方の転送電極55、57、59の長さの約2倍に形成し、さらに、n拡散層53の長さ（紙面の左右方向）を、転送電極56、58、60の約半分の長さに形成している。また、n拡散層53の右端が、ゲート酸化膜上に形成された転送電極56、58、60の右端の空間位置とほぼ一致している。このような特徴を持つ電荷転送装置について説明した。

【0078】この時、長い方の転送電極56、58、60の長さを、短い方の転送電極55、57、59の長さの1.6倍より長くした場合、転送にかかる時間は、長い方の転送電極から短い方の転送電極へ信号電荷が転送されるのに要する時間が支配的となる。

【0079】長い方の転送電極を短い方の転送電極のn倍の長さとした時、埋め込みチャンネル電荷転送装置では、フリンジ電界が転送に要する時間を決定づけるため、nを4以下にすることが必要である。

【0080】また、長い方の転送電極56、58、60の転送に係る時間は長さを、短い方の転送電極55、57、59の長さの1.6倍より短くした場合、短い方の転送電極から長い方の転送電極へ電荷が転送されるのに要する時間が支配的となる。この時にはnは1より大きくする必要がある。

【0081】それぞれの転送電極55～60は、SiO₂からなる絶縁膜61によって保護されている。さらに、転送電極55～60は駆動電圧印加端子62、63、64、65に接続されている。各々の端子62～65に所定の4つの電圧が印加される。図示した電荷転送装置では、ある転送電極56と、それと隣合う転送電極57、さらにそれと隣合う転送電極58と、それと隣合う転送電極59合計4つの転送電極を1単位として、各々の転送電極55～60が端子62～65に接続されている。同様に、各々の4つの転送電極からなる単位は、隣合う単位とで連続して形成されている。

【0082】ここで、端子62、63、64、65に印加される電圧を、それぞれφ1、φ2、φ3、φ4と称する。

【0083】図2は本発明による電荷転送装置に所定の電圧を印加する時の、駆動波形を示す。

【0084】この駆動波形で、以下、電圧0より上部にある電圧の状態をH（HIGH）状態、下部にある電圧の状態をL（LOW）状態と呼ぶ。

【0085】図面中、T1、T2、T3、T4、T5、T6は、矢印の両端が示す保持時間（時間幅）を示している。また、t1、t2、t3、t4、t5は、前記T1、T2、T3、T4、T5の時間幅の中心値を示している。

【0086】ここからは、転送電極56、57、58、59の1単位の動作について説明する。

【0087】初期の状態では、φ1はH、φ2はL、φ3はH、φ4はHである。この状態では、転送電極56、58、59直下にある半導体基板51表面には、チャンネルが形成されている。この部分には、ポテンシャル井戸が形成され信号電荷を蓄積することができる。転送電極56、58、59によって挟まれた転送電極57は、電圧がLなので、チャンネルは形成されていない。以上のように初期状態では、信号電荷は、転送電極56、58、59直下のチャンネルに蓄積されうる状態にある。

【0088】図3は、図2に示した時刻t1～t5におけるチャンネル部の電位分布を示している。縦軸は下向を正方向にとつてある。16、17は信号電荷である。領域A2～I2は図1に示した転送電極および拡散層の領域A2～I2に対応する。

【0089】初期の状態は、φ1はH、φ2はL、φ3はH、φ4はHであるから、転送電極56、58、59直下にある半導体基板51表面には、チャンネルが形成されている。この状態は、図3では、領域A2はφ4がHであるから、転送電極59直下にチャンネルが形成されている。転送電極56のφ1がHであるから領域B2、領域C2もやはりチャンネルが形成されている。領域B2より領域C2の方がポテンシャル井戸が深くなっているのは、領域C2には、n拡散層53が形成されているためである。すなわち、元々その分だけポテンシャルが高くなっている。さらに、初期状態では、図中の点線で示されているように転送電極58の領域E2、F2と、転送電極59の領域G2と、転送電極60の領域H2、I2にチャンネルが形成されている。この部分に、信号電荷が蓄積されている。

【0090】φ3の電圧が、HからLになると、転送電極58直下のチャンネルの領域E2、F2に蓄積されていた信号電荷16、17は、全て隣のチャンネル部分の領域G2、H2、I2に移動する。この状態は、t=t1の状態を示す。すなわち、転送電極56、59にH、転送電極57、58にLの電圧が印加された状態である。

【0091】φ2の電圧が、LからHになると、転送電極57直下の領域D2にチャンネルが形成される。この時、転送電極55、56直下のチャンネルの領域A2、B2、C2に蓄積されていた信号電荷16、17の一部は、領域D2にも移動する。この状態は、t=t2の状態を示す。すなわち、転送電極56、57、59にH、転送電極58にLの電圧が印加された状態である。

【0092】φ4の電圧が、HからLになると、転送電極55、59直下のチャンネルの領域A2、G2に蓄積されていた信号電荷16、17は、それぞれ全て隣のチャンネル部分の領域B2、C2、D2と、領域H2、I

13

2に移動する。この状態は、 $t=t_3$ の状態を示す。すなわち、転送電極56、57にH、転送電極58、59にLの電圧が印加された状態である。

【0093】以上の動作により、信号電荷16、17は転送電極一個分だけ移動したことになる。以下同様の動作を繰り返して信号電荷を次々に転送して行く。

【0094】すなわち、 ϕ_3 の電圧が、LからHになると、転送電極58直下の領域E2、F2にチャンネルが形成される。この時、転送電極56、57直下のチャンネルの領域B2、C2、D2に蓄積されていた信号電荷16、17の一部は、領域E2、F2にも移動する。この状態は、 $t=t_4$ の状態を示す。すなわち、転送電極56、57、58にH、転送電極59にLの電圧が印加された状態である。

【0095】 ϕ_1 の電圧が、HからLになると、転送電極56、60直下のチャンネルの領域B2、C2、I2に蓄積されていた信号電荷16、17は、それぞれ全てのチャンネル部分の領域D2、E2、F2に移動する。この状態は、 $t=t_5$ の状態を示す。すなわち、転送電極57、58にH、転送電極55、56、59、60にLの電圧が印加された状態である。

【0096】このようにして、信号電荷16、17は転送電極直下のチャンネルを順次移動する。

【0097】ここで、図4は図3の $t=t_4$ から $t=t_5$ へと移る時の電位分布の過渡状態を示すものである。

【0098】領域A2、B2、C2、D2は、それぞれ図1のそれに相当している。すなわち、領域A2は転送電極55のn⁻拡散層52領域を、領域B2は転送電極56のn⁻拡散層52を、領域C2は転送電極56のn⁻拡散層53を、領域D2は転送電極57のn⁻拡散層52に相当している。

【0099】点線68は $t=t_4$ における電位分布を示す。領域71は $t=t_4$ の時に、領域B2、C2、D2に蓄積された信号電荷を示す。

【0100】実線69は過渡時の電位分布を示す。領域72、73は、 $t=t_4$ から $t=t_5$ に移る過渡時の信号電荷の様子を示している。

【0101】点線70は $t=t_5$ における電位分布を示している。矢印74、75は信号電荷の移動を現わしている。矢印74は、領域B2から領域C2に移動する場合を、矢印75は、領域C2から領域D2に移動する場合を示している。

【0102】図1に示した転送電極56が、 ϕ_1 によってHからLに変化する。この時、転送電極56の領域B2、C2では、形成されていたチャンネルが点線68から点線70の状態に変化する。 ϕ_1 がHの状態の時に存在していた信号電荷71は、 ϕ_1 がLの状態になると、隣の転送電極57の領域D2のチャンネルへと移動する。この時、信号電荷の大部分はクーロン力によって移動している。このため、信号電荷72、73が僅かの量

14

だけ領域B2、C2に残存する。これらの信号電荷72、73はそれぞれ独立に拡散・フリンジ電界により隣のポテンシャル井戸に向けて転送される。実効的にチャンネルのゲート長が電極56の長さの約1/2になったと見なすことができる。

【0103】例えば、前述のように、ここでは領域B2、C2の長さはほぼ等しく形成されているので、1個の転送電極下の基板の不純物濃度が均一である従来の構造の場合に比べて、ゲート長が1/2である転送電極を2列直列に並べたものと同等となる。従って従来構造のものに比べて転送段数が1段分多くなる。しかし、ゲート長を短くできる効果を大きくすることが本実施例によって実現される。

【0104】一般に埋め込みチャンネル型の電荷転送装置では、拡散よりもフリンジ電界による転送が支配的であるため、転送に要する転送時間はほぼゲート長の3乗に比例する。転送電極から転送チャンネル内のポテンシャルが最大点となる、すなわち微小な信号電荷を転送する位置までの距離が表面チャンネルの電荷転送装置に比べて大きい。このため隣接する転送電極からの影響を受けやすくなる。

【0105】従来例と比べて、本実施例の電荷転送装置では、実効的なゲート長が約2/3になっているため転送時間は大幅に短縮される。

【0106】ただし、長い方の転送電極56、58、60に着目すると、一度に2ゲート分を転送しなければならないので転送時間は従来例の約60%に短縮されることになる。なぜならゲート長が従来の2/3であり、その転送時間はゲート長の3乗に比例し、2段転送されるから、その転送時間は従来の $(2/3)^3 \times 2 = 0.59$ 倍となる。

【0107】このように長い転送電極下のチャンネルにある信号電荷を短い転送電極下へ転送するのに要する転送時間は、短い転送電極下のチャンネルから長い転送電極下へそれを転送するのに要する転送時間の約2倍程度遅くなる。

【0108】従って、図2に示したように、長い転送電極56、58、60の電圧がHからLに変化した後、Lの状態を他の状態の約2倍の時間だけ長く保持するように駆動するとよい。また、この関係を保持していれば、転送効率が同じであっても、従来に比べて約1.7倍の高速化が実現できる。

【0109】このような理由から、図2に示された保持時間T1、T5を他の状態の保持時間T2、T3、T4、T6よりも長くしている。こうすることにより、長い転送電極下の信号電荷を隣の短い転送電極下へ転送するのに要する時間に余裕を持たせ、転送時に信号電荷が残存することなく、より確実に転送を行なうことができる。

【0110】次に本発明の電荷転送装置に関する第2の

実施例について図5および図6を参照しながら説明する。

【0111】図5に本発明による電荷転送装置の構造を示す。図中、領域A3、B3、C3、D3、E3、F3、G3、H3、I3は、それぞれ転送電極および拡散層に対応した領域を示している。

【0112】p型シリコンウエハである半導体基板51に、深さ約0.5 μ mのn拡散層76が形成されている。n拡散層76の不純物濃度は、約 $7 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ である。このn拡散層76の深さは、転送電極に印加する電圧と取り扱いのできる信号電荷量の電荷がシリコンとSiO₂との界面準位の影響を受けない程度の深さに設定している。

【0113】n拡散層76の表面には、等しい間隔で複数個のn⁻拡散層77が形成されている。隣合うn⁻拡散層77の間隔は、5~10 μ m程度である。また、n⁻拡散層77の深さは約0.5 μ mである。n⁻拡散層77の不純物濃度は、約 $6 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ である。

【0114】このn⁻拡散層77の深さは、転送電極に印加する電圧と取り扱いのできる信号電荷量の電荷がシリコンとSiO₂との界面準位の影響を受けない程度の深さに設定している。また、n⁻拡散層77の不純物濃度は、n⁻拡散層77およびn拡散層76に正電圧を印加し、その拡散層を完全に空乏化させた時に、チャンネル電位がn⁻拡散層77よりもn拡散層76の方が駆動パルス電圧の半分程度高くなるように設定する。n⁻拡散層77あるいはn拡散層76は、いわゆる埋め込みチャンネル領域となる。

【0115】半導体基板1上には、SiO₂あるいはSi₃N₄またはそれらの積層構造からなる絶縁膜54が形成されている。絶縁膜54は、後で説明する転送電極55、56、57、58、59、60の下に形成されており、転送電極55~60に対するゲート絶縁膜である。

【0116】絶縁膜54上には、2つのタイプの形状を持つ転送電極が形成されている。この2つのタイプの転送電極は、各々交互に配列されている。すなわち、この図では、左から転送電極55、その横に転送電極56、その横に転送電極57、さらにその横に転送電極58と、同様に転送電極59、60が平面上に形成されている。

【0117】これらの転送電極55~60は、その長さ（紙面の左右方向）が大きく異なっている。長い方の転送電極56、58、60の長さは、短い方の転送電極55、57、59の長さの約2倍に形成されている。さらに、n⁻拡散層77の左端が、ゲート酸化膜上に形成された転送電極56、58、60の左端の空間位置とほぼ一致している。n⁻拡散層77の長さ（紙面の左右方向）は、転送電極56、58、60の約半分の長さに形成されている。このような構造の電荷転送装置に電圧を印加すると、各転送電極55~60の直下にある半導体

基板51表面にチャンネルが形成される（図示せず）。この例では、チャンネルは、半導体基板51の表面に連続的に形成される。すなわち、短い方の転送電極55、57、59の直下にある半導体基板51のn拡散層76と長い方の転送電極56、58、60の直下にある半導体基板51のn拡散層76と、転送電極56、58、60の直下に形成されたn⁻拡散層77の3つの領域にそれぞれ、チャンネルが形成される。各々のチャンネルの長さ（紙面の左右方向の長さ）は、ほぼ等しい長さとなる。

【0118】ここでn⁻拡散層77の不純物濃度は、n拡散層76の不純物濃度よりも低くなるように形成しておく。

【0119】ここでは、n⁻拡散層77とn拡散層76の不純物濃度の比は、約1.3倍になるように設定している。この値は、信号電荷を完全に転送するために、転送電極の駆動電圧と駆動周波数に影響する。このためチャンネルに生じた電位差が駆動パルス電圧の1/2程度になるように設定する。

【0120】こうすることによって第1の実施例で説明したように、埋め込みチャンネル領域として用いられるn拡散層76と、半導体基板51に形成されたn⁻拡散層77を空乏状態にすると、n⁻拡散層76およびn拡散層77に形成されるチャンネルの電位はn拡散層76の方がn⁻拡散層77よりも高くなる。

【0121】電荷転送装置の転送速度を早くするためには、ある転送電極直下のポテンシャル井戸にある信号電荷を、隣の転送電極下のポテンシャル井戸に転送する速度を早くすればよい。しかし、この転送速度を早くしようとしても、拡散とフリンジ電界によって制約を受ける。

【0122】一般に、拡散によってのみ全信号電荷を転送しようとする場合、その転送時間は転送電極のゲート長の2乗に比例する。また、同様にフリンジ電界によってのみ全信号電荷を転送しようとする場合、その転送時間はゲート長の3乗に比例する。従って、転送に要する時間を短くしようとする、ゲート長を短くすればよい。この実施例の場合、n⁻拡散層77の左端を長い方の転送電極55の左端に一致するように、その空間的な位置を定めてやることで実効的なゲート長を従来の約2/3に短くすることができる。

【0123】このように従来の場合に比べて、ゲート長が2/3になると、転送速度は、1.7倍程度早くなる。

【0124】ここでは、長い方の転送電極56、58、60の長さを、短い方の転送電極55、57、59の長さの約2倍に形成し、さらに、n⁻拡散層77の長さ（紙面の左右方向）を、転送電極56、58、60の約半分の長さに形成している。また、n⁻拡散層77の左端が、ゲート酸化膜上に形成された転送電極56、5

8、60の左端の空間位置とほぼ一致している。このような特徴を持つ電荷転送装置について説明した。

【0125】この時、長い方の転送電極56、58、60の長さを、短い方の転送電極55、57、59の長さの1.6倍より長くした場合、または短くした場合、さらに、 n^- 拡散層77の長さが、転送電極56、58、60の約半分の長さより長くした場合、短くした場合についても、第1の実施例で示した計算式がそのまま当てはまる。

【0126】また、 n^- 拡散層77の左端が、ゲート酸化膜上に形成された転送電極56、58、60の左端の空間位置とほぼ一致しているが、 n^- 拡散層77の左端が転送電極56、58、60の左端より左側に位置し、転送電極55、57、59下にまでかかると電荷転送時に電荷の取り残しを生じる。このように電荷の取り残しを生じるのは転送電極55、57、59の右端にほぼ一致する位置までずれていても問題は生じない。

【0127】さらに、 n^- 拡散層77の左端が、ゲート酸化膜上に形成された転送電極56、58、60の左端の空間位置とほぼ一致しているが、 n^- 拡散層77の左端が転送電極56、58、60の左端より右側に位置すると、電荷転送時に取り残しを生じる。電荷の取り残しが生じない無いためには、転送電極56、58、60の左端とほぼ一致する位置までであればよい。

【0128】それぞれの転送電極55~60は、 SiO_2 からなる絶縁膜61によって保護されている。さらに、転送電極55~60は駆動電圧印加端子62、63、64、65に接続されている。各々の端子62~65に所定の4つの電圧が印加される。図示した電荷転送装置では、ある転送電極56と、それと隣合う転送電極57、さらにそれと隣合う転送電極58と、それと隣合う転送電極59合計4つの転送電極を1単位として、各々の転送電極55~60が端子62~65に接続されている。同様に、各々の4つの転送電極からなる単位は、隣合う単位とで連続して形成されている。

【0129】ここで、端子62、63、64、65に印加される電圧を、それぞれ $\phi 1$ 、 $\phi 2$ 、 $\phi 3$ 、 $\phi 4$ と称する。

【0130】第一の実施例と異なるのは n^- 拡散層53の代わりに n^- 拡散層77が設けられている点である。 n^- 拡散層77の不純物濃度は n^- 拡散層76の不純物濃度よりも低く形成しておく。こうすることによって埋め込みチャンネル型電荷転送装置として用いる n^- 拡散層77と n^- 拡散層76を空乏状態にしたとき、それらのチャンネル電位は n^- 拡散層77の方が n^- 拡散層76よりも低くなる。

【0131】図6は、本発明による電荷転送装置に図2で説明した所定の電圧を印加する時の、チャンネル部の電位分布を示す。66、67は信号電荷である。領域A3~I3は図5に示した転送電極の領域A3~I3に対

応する。

【0132】 $t=t_1$ の状態は、転送電極56、59にH、転送電極57、58にLの電圧が印加された状態である。転送電極58の電圧が、HからLになると、転送電極58直下のチャンネルの領域E3、F3に蓄積されていた信号電荷16、17は、全て隣のチャンネル部分の領域G3、H3、I3に移動する。

【0133】 $t=t_2$ の状態は、転送電極56、57、59にH、転送電極58にLの電圧が印加された状態である。転送電極57の電圧が、LからHになると、転送電極57直下の領域D3にチャンネルが形成される。この時、転送電極55、56直下のチャンネルの領域A3、B3、C3に蓄積されていた信号電荷16、17の一部は、領域D3にも移動する。

【0134】 $t=t_3$ の状態は、転送電極56、57にH、転送電極58、59にLの電圧が印加された状態である。転送電極55、59が、HからLになると、転送電極55、59直下のチャンネルの領域A3、G3に蓄積されていた信号電荷16、17は、それぞれ全て隣のチャンネル部分の領域B3、C3、D3と、領域H3、I3に移動する。以上の動作により、信号電荷16、17は転送電極一個分だけ移動したことになる。以下、同様の動作を繰り返して信号電荷を次々に転送して行く。

【0135】すなわち、 $t=t_4$ の状態は、転送電極56、57、58にH、転送電極59にLの電圧が印加された状態である。転送電極58が、LからHになると、転送電極58直下の領域E3、F3にチャンネルが形成される。この時、転送電極56、57直下のチャンネルの領域B3、C3、D3に蓄積されていた信号電荷16、17の一部は、領域E3、F3にも移動する。

【0136】 $t=t_5$ の状態は、転送電極57、58にH、転送電極55、56、59、60にLの電圧が印加された状態である。転送電極56、60が、HからLになると、転送電極56、60直下のチャンネルの領域B3、C3、I3に蓄積されていた信号電荷16、17は、それぞれ全て隣のチャンネル部分の領域D3、E3、F3に移動する。

【0137】このようにして、信号電荷16、17は転送電極直下のチャンネルを順次移動する。

【0138】一般に埋め込みチャンネル型の電荷転送装置では、拡散よりもフリンジ電界による転送が支配的であるため、転送に要する転送時間はほぼゲート長の3乗に比例する。従来例と比べて、本実施例の電荷転送装置では、実効的なゲート長が約2/3になっているため転送時間は大幅に短縮される。

【0139】ただし、長い方の転送電極56、58、60に着目すると、一度に2ゲート分を転送しなければならないので転送時間は従来例の約60%に短縮されることになる。このように長い転送電極下のチャンネルにある信号電荷を短い転送電極下へ転送するのに要する転送

19

時間は、短い転送電極下のチャンネルから長い転送電極下へそれを転送するのに要する転送時間の約2倍程度遅くなる。

【0140】従って、図2に示したように、長い転送電極56、58、60の電圧がHからLに変化した後、Lの状態を他の状態の約2倍の時間だけ長く保持するように駆動するとよい。また、この関係を保持していれば、転送効率が同じであっても、従来に比べて約1.7倍の高速化が実現できる。

【0141】このような理由から、図2に示された保持時間T1、T5を他の状態の保持時間T2、T3、T4、T6よりも長くしている。こうすることにより、長い転送電極下の信号電荷を隣の短い転送電極下へ転送するのに要する時間に余裕を持たせ、転送時に信号電荷が残存することなく、より確実に転送を行なうことができる。

【0142】次に本発明の第3の実施例としていわゆる二相駆動型の電荷転送装置について図7を参照して説明する。

【0143】図7に本発明による電荷転送装置の構造を示す。図中、領域A4、B4、C4、D4、E4、F4、G4、H4、I4は、それぞれ転送電極および拡散層に対応した領域を示している。

【0144】p型シリコンウエハである半導体基板51に、深さ約0.5 μ mのn⁺拡散層78が形成されている。n⁺拡散層78の不純物濃度は、約 $5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ である。この不純物濃度の大きさは、転送電極に印加される電圧と取り扱うことができる最大の電荷量との関係によって決定される。またn⁺拡散層78、n⁻拡散層79、n⁺拡散層80の深さは、取り扱う電荷量が最大になったときに、どの拡散層もシリコンとSiO₂に存在する界面準位の影響を受けないような深さに設定しておけばよい。

【0145】n⁻拡散層78の表面には、等しい間隔で複数個のn⁻拡散層79が形成されている。隣合うn⁻拡散層79の間隔は、5~10 μ m程度である。また、n⁻拡散層79の深さは約0.5 μ mである。n⁻拡散層79の不純物濃度は、約 $6 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 程度である。このn⁻拡散層79の不純物濃度は、この拡散層を空乏化させた時に、n⁺拡散層78とのチャンネルに印加される電位差が駆動パルス電圧の1/3程度になるように設定している。n⁻拡散層79は、いわゆる埋め込みチャンネル領域となる。

【0146】さらに、半導体基板51のn⁻拡散層78と隣接して、深さ約0.5 μ mのn⁺拡散層80が形成されている。さらに、n⁺拡散層78の長さとな⁺拡散層80の長さを加えた長さは、ほぼ転送電極56、58、60の長さに等しくなっている。

【0147】n⁺拡散層78の表面には、等しい間隔で複数個のn⁺拡散層80が形成されている。n⁺拡散層80

20

が形成されている間隔は、5~10 μ m程度である。また、n⁺拡散層80の深さは約0.5 μ mである。n⁺拡散層80の不純物濃度は、約 $7 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 程度である。また、n⁺拡散層80の不純物濃度は、その拡散層が空乏化されたときに、n⁺拡散層78とのチャンネルの電位差が駆動パルス電圧の2/3程度になるように設定する。n⁺拡散層80は、いわゆる埋め込みチャンネル領域となる。

【0148】n⁺拡散層80の深さは、n⁻拡散層79の深さとほぼ同じ深さである。このようにすることで転送時のチャンネルの深さをほぼ揃えることができる。

【0149】また、n⁺拡散層80とn⁻拡散層79の不純物濃度の比は、約1.3倍である。このようにすることで空乏化されたときに、n⁺拡散層78とのチャンネルの電位差が駆動パルス電圧の1/3程度となる。

【0150】半導体基板51上には、SiO₂あるいはSiNまたはそれらの積層構造からなる絶縁膜54が形成されている。絶縁膜54は、後で説明する転送電極55、56、57、58、59、60の下に形成されており、転送電極55~60に対するゲート絶縁膜である。

【0151】絶縁膜54上には、2つのタイプの形状を持つ転送電極が形成されている。この2つのタイプの転送電極は、各々交互に配列されている。すなわち、この図では、左から転送電極55、その横に転送電極56、その横に転送電極57、さらにその横に転送電極58と、同様に転送電極59、60が平面上に形成されている。

【0152】これらの転送電極55~60は、その長さ（紙面の左右方向）が大きく異なっている。長い方の転送電極56、58、60の長さは、短い方の転送電極55、57、59の長さの約1.6倍に形成されている。

【0153】n⁻拡散層79の左端が、ゲート酸化膜上に形成された転送電極56、58、60の左端の空間位置とほぼ一致している。さらに、n⁺拡散層80の右端が、ゲート酸化膜上に形成された転送電極56、58、60の右端の空間位置とほぼ一致している。n⁻拡散層79とn⁺拡散層80の長さ（紙面の左右方向）は、転送電極56、58、60の約半分の長さに形成されている。このような構造の電荷転送装置に電圧を印加すると、各転送電極55~60の直下にある半導体基板51表面にチャンネルが形成される（図示せず）。

【0154】この例では、チャンネルは、半導体基板51の表面に連続的に形成される。すなわち、短い方の転送電極55、57、59の直下にある半導体基板51のn⁻拡散層78と長い方の転送電極56、58、60の直下にあるn⁻拡散層79と、転送電極56、58、60の直下に形成されたn⁺拡散層80の3つの領域にそれぞれ、チャンネルが形成される。各々のチャンネルの長さ（紙面の左右方向の長さ）は、ほぼ等しい長さとなる。

21

【0155】ここでn拡散層80の不純物濃度は、n⁻拡散層79の不純物濃度よりも高くなるように形成しておく。

【0156】ここでは、n拡散層80とn⁻拡散層79の不純物濃度の比は、約1.4倍になるように設定している。この値は、空乏化されたときに、n⁻拡散層78とのチャンネルの電位差を駆動パルス電圧の2/3程度とする。

【0157】こうすることによって第1の実施例と同様に、埋め込みチャンネル領域として用いられるn⁻拡散層79とn拡散層80と、半導体基板51に形成されたn⁻拡散層78を空乏状態にすると、n⁻拡散層79、n拡散層80およびn⁻拡散層78に形成されるチャンネルの電位は、n⁻拡散層79の方がn⁻拡散層78よりも高くなり、n拡散層80の方がn⁻拡散層78より高くなる。また、n拡散層80の方がn⁻拡散層79より高くなる。

【0158】電荷転送装置の転送速度を早くするためには、ある転送電極直下のポテンシャル井戸にある信号電荷を、隣の転送電極下のポテンシャル井戸に転送する速度を早くすればよい。しかし、この転送速度を早くしようとしても、拡散とフリンジ電界によって制約を受ける。

【0159】一般に、拡散によってのみ全信号電荷を転送しようとする場合、その転送時間は転送電極のゲート長の2乗に比例する。また、同様にフリンジ電界によってのみ全信号電荷を転送しようとする場合、その転送時間はゲート長の3乗に比例する。従って、転送に要する時間を短くしようとすると、ゲート長を短くすればよい。この実施例の場合、n拡散層80の右端を長い方の転送電極56、58、60の右端に一致するように、n⁻拡散層79の左端を長い方の転送電極56、58、60の左端に一致するように、その空間的な位置を定めてやることで実効的なゲート長を従来の約2/3に短くすることができる。

*

4 n

$$T_1 = \left(2n^2 - \frac{1}{3} \right) \times L_0^3 \times K$$

【0168】T₁が従来のそれT₀より短くなるためには、T₁ < T₀の不等式を満たすnを求める。

【0169】nは、0.07 ≤ n ≤ 0.6となる。従って、0.1 ≤ [L₁ / (2L₀/3)] ≤ 0.9となる。

【0170】これより、長い方の転送電極56、58、60の長さが短い方の転送電極55、57、59の2倍である場合、n⁻拡散層79の長さが長い方の転送電極56、58、60の長さの10%から90%の範囲であれば従来構造に対して電荷転送時間に関して優位性を保

22

*【0160】このように従来の場合に比べて、ゲート長が2/3になると、転送速度は、約2倍程度早くなる。

【0161】ここでは、長い方の転送電極56、58、60の長さを、短い方の転送電極55、57、59の長さの約2倍に形成し、さらに、n拡散層80の長さ（紙面の左右方向）を、転送電極56、58、60の約半分の長さに形成している。また、n拡散層80の右端が、ゲート酸化膜上に形成された転送電極56、58、60の右端の空間位置とほぼ一致している。また、n⁻拡散層79の長さ（紙面の左右方向）を、転送電極56、58、60の約半分の長さに形成している。また、n⁻拡散層79の左端が、ゲート酸化膜上に形成された転送電極56、58、60の左端の空間位置とほぼ一致している。以上のような特徴を持つ電荷転送装置について説明した。

【0162】この時、転送電極55、56、57、58、59、60直下に形成されたn⁻拡散層79の長さをL₁、それに隣接するn拡散層80の長さをL₂、さらにn拡散層80の他端に隣接したn⁻拡散層78の長さをL₃とする。ここでL₁ + L₂ + L₃ = L₀とする。

【0163】電荷の転送時間Tは、T = K × (L₁³ + L₂³ + L₃³) と示される。ただしKは定数である。

【0164】従来構造の2相駆動の電荷転送装置では、L₂ = 0、L₁ = L₃ = L₀/2であるから電荷転送時間T₀は、T₀ = L₀³ × K/4となる。

【0165】まず転送電極の長さが固定している場合について説明する。L₁ + L₂ = 2L₃ = 2L₀/3、L₁ = nL₀とする。

【0166】これよりL₂ = (2/3 - n) × L₀、L₃ = L₀/3となる。この時の電荷転送時間T₁は、次式となる。

【0167】

【数2】

1

つことができる。

【0171】次に、転送電極の長さが変動する場合について説明する。L₁ = L₂ = mL₀、L₃ = (1 - 2m)L₀、0 < m < 0.5とする。

【0172】電荷転送時間T₂は、T₂ = (-6m³ + 12m² - 6m + 1) × L₀³ × Kとなる。

【0173】T₂が従来のそれT₀より短くなるためには、T₂ < T₀の不等式を満たすmを求める。

【0174】mは、0.19 < m < 0.5となる。従って、0.61 < (L₁ + L₂) / L₃となる。

【0175】これより長い転送電極56、58、60直下の n^- 拡散層の長さが n 拡散層のそれと等しい場合には、長い方の転送電極56、58、60の長さは短い方の転送電極55、57、59の長さの0.61倍以上であれば、従来構造の電荷転送装置よりも転送時間を短くすることができる。

【0176】また、 n^- 拡散層79の左端が、ゲート酸化膜上に形成された転送電極56、58、60の左端の空間位置とほぼ一致しているが、 n^- 拡散層79の左端が転送電極56、58、60の左端より左側に位置した場合、第1の実施例と同様に、隣の転送電極55、57、59の右端の位置までずれても何の問題もない。さらに左にずれこんだ場合には、電荷を転送する時に、電荷の取り残しを生じる。

【0177】また、 n 拡散層80の右端が、ゲート酸化膜上に形成された転送電極56、58、60の右端の空間位置とほぼ一致しているが、 n 拡散層80の右端が転送電極56、58、60の右端より右側にずれた場合、 n 拡散層80が隣の転送電極57、59の左端の位置までずれても問題はない。ただそれ以上右にずれこむと転送時に電荷の取り残しを生じる。

【0178】それぞれの転送電極55~60は、 SiO_2 からなる絶縁膜61によって保護されている。さらに、転送電極55~60は駆動電圧印加端子81、82に接続されている。各々の端子81、82に所定の2つの電圧が印加される。

【0179】ここで、端子81、82に印加される電圧を、それぞれ $\phi 1$ 、 $\phi 2$ と称する。転送電極からの結線は、短い転送電極55、57、59と、それに隣接配置された長い転送電極56、58、60がそれぞれ1対1で結線している。

【0180】さらに、転送電極55と転送電極56は、端子81に接続され $\phi 1$ の電圧が印加される。転送電極57と転送電極58は、端子82に接続され $\phi 2$ の電圧が印加される。転送電極59と転送電極60は、端子81に接続され $\phi 1$ の電圧が印加される。

【0181】以上のように、短い転送電極55、57、59と長い転送電極56、58、60を各々結線したものを単位として、その単位毎に端子81、82を交互に接続されている。

【0182】以上のような電荷転送装置において、第一の実施例と異なるのは、埋め込みチャンネル型電荷転送装置を n^- 拡散層78とし、さらに長い転送電極下56、58、60に n^- 拡散層79と n 拡散層80が設けられていることである。 n^- 拡散層79の不純物濃度は n^- 拡散層78の不純物濃度よりも高く、 n 拡散層80の不純物濃度はさらに n^- 拡散層79よりも高く形成しておく。こうすることによって埋め込みチャンネル型電荷転送装置として用いる n^- 拡散層78と n^- 拡散層79と n 拡散層80を空乏状態にしたとき、それらのチャ

ンネル電位は n 拡散層80、 n^- 拡散層79、 n^- 拡散層78の順に高くなる。

【0183】図8は本発明による電荷転送装置に所定の電圧を印加する時の、駆動波形を示す。

【0184】この駆動波形で、以下、電圧0より上部にある電圧の状態をH(HIGH)状態、下部にある電圧の状態をL(LOW)状態と呼ぶ。

【0185】初期の状態では、 $\phi 1$ はL、 $\phi 2$ はHである。この状態では、転送電極57、58直下にある半導体基板51表面には、チャンネルが形成されている。この部分には、ポテンシャル井戸が形成され信号電荷が蓄積することができる。転送電極57、58を挟んだ転送電極55、56と、転送電極59、60は、電圧がLなので、チャンネルは形成されていない。以上のように初期状態では、信号電荷は、転送電極57、58直下のチャンネルに蓄積されうる状態にある。

【0186】次に、 $\phi 1$ と $\phi 2$ の電圧は同時に、逆相となる。すなわち、 $\phi 1$ の電圧がLからHになると同時に、 $\phi 2$ の電圧がHからLになる。この変化によって、転送電極55、56と転送電極59、60直下にはチャンネルが形成される。このような状態の時刻を $t = t_1$ と示す。

【0187】図9は、図8に示した時刻 t_1 におけるチャンネル部の電位分布を示している。16、17は信号電荷である。領域A4~I4は図1に示した転送電極の領域A2~I2に対応する。

【0188】 $\phi 1$ の電圧は、 $\phi 2$ の電圧と逆相で印加される。このため、領域A4、B4、C4に蓄積された信号電荷16は、 $\phi 1$ と $\phi 2$ の電圧が逆相、 $\phi 1$ がLに、 $\phi 2$ がHになると、領域A4、B4、C4のポテンシャルは低くなり、逆に隣接した領域D4、E4、F4のポテンシャルは高くなる。このため、信号電荷16は、領域A4、B4、C4から領域D4、E4、F4へと移動する。この時、領域G4、H4、I4に蓄積された信号電荷17もまた、紙面に向かって右方向に信号電荷17は移動していく。

【0189】一般に埋め込みチャンネル型の電荷転送装置では、拡散よりもフリンジ電界による転送が支配的であるため、転送に要する転送時間はほぼゲート長の3乗に比例する。従来例と比べて、本実施例の電荷転送装置では、実効的なゲート長が約2/3になっているため転送時間は大幅に短縮される。ただし、長い方の転送電極56、58、60に着目すると、一度に2ゲート分を転送しなければならない。2相駆動の場合には、2つの転送電極分の距離を1度に転送する。このため本実施例の転送時間は従来の電荷転送装置の転送時間の約44%に短縮されることになる。

【0190】次に本発明の第4の実施例の2相駆動型電荷転送装置について図10を参照しながら説明する。

【0191】図10に本発明による電荷転送装置の構造

を示す。図中、領域A5、B5、C5、D5、E5、F5、G5、H5、I5、それぞれ転送電極の領域を示している。

【0192】p型シリコンウエハである半導体基板51に、深さ約0.5 μ mのn拡散層83が形成されている。n拡散層83の不純物濃度は、約 $5 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ である。この不純物濃度の大きさは、転送電極に印加される電圧と取り扱うことができる最大の電荷量との関係によって決定される。またn拡散層83、n⁺⁺拡散層84、n⁻拡散層85の深さは、取り扱う電荷量が最大になったときに、どの拡散層もシリコンとSiO₂に存在する界面準位の影響を受けないような深さに設定しておけばよい。

【0193】n拡散層83の表面には、等しい間隔で複数個のn⁺⁺拡散層84が形成されている。隣合うn⁺⁺拡散層84の間隔は、5~10 μ m程度である。また、n⁺⁺拡散層84の深さは約0.5 μ mである。n⁺⁺拡散層84の不純物濃度は、約 $6 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 程度である。このn⁺⁺拡散層84の不純物濃度は、この拡散層を空乏化させた時に、n拡散層83とのチャンネルに印加される電位差が駆動パルス電圧の1/3程度になるように設定している。n⁺⁺拡散層84は、いわゆる埋め込みチャンネル領域となる。

【0194】さらに、半導体基板51のn拡散層83と隣接して、深さ約0.5 μ mのn⁻拡散層85が形成されている。さらに、n拡散層83の長さとな⁺⁺拡散層85の長さを加えた長さは、ほぼ転送電極56、58、60の長さに等しくなっている。n拡散層83の表面には、等しい間隔で複数個のn⁻拡散層85が形成されている。n⁻拡散層85が形成されている間隔は、5~10 μ m程度である。また、n⁻拡散層85の深さは約0.5 μ mである。n⁻拡散層85の不純物濃度は、約 $7 \times 10^{16} / \text{cm}^3$ 程度である。また、n⁻拡散層85の不純物濃度は、その拡散層が空乏化されたときに、n拡散層83とのチャンネルの電位差が駆動パルス電圧の2/3程度になるように設定する。n⁻拡散層85は、いわゆる埋め込みチャンネル領域となる。

【0195】n⁻拡散層85の深さは、n⁺⁺拡散層84の深さとほぼ同じ深さである。このようにすることで転送時のチャンネルの深さをほぼ揃えることができる。

【0196】また、n⁻拡散層85とn⁺⁺拡散層84の不純物濃度の比は、約1.3倍である。このようにすることで空乏化されたときに、n拡散層83とのチャンネルの電位差が駆動パルス電圧の1/3程度となる。

【0197】半導体基板51上には、SiO₂からなる絶縁膜54が形成されている。絶縁膜54は、後で説明する転送電極55、56、57、58、59、60の下に形成されており、転送電極55~60に対するゲート絶縁膜である。

【0198】絶縁膜54上には、2つのタイプの形状を

持つ転送電極が形成されている。この2つのタイプの転送電極は、各々交互に配列されている。すなわち、この図では、左から転送電極55、その横に転送電極56、その横に転送電極57、さらにその横に転送電極58と、同様に転送電極59、60が平面上に形成されている。

【0199】これらの転送電極55~60は、その長さ（紙面の左右方向）が大きく異なっている。長い方の転送電極56、58、60の長さは、短い方の転送電極55、57、59の長さの約2倍に形成されている。

【0200】n⁺⁺拡散層84の左端が、ゲート酸化膜上に形成された転送電極56、58、60の左端の空間位置とほぼ一致している。さらに、n⁻拡散層85の右端が、ゲート酸化膜上に形成された転送電極56、58、60の右端の空間位置とほぼ一致している。n⁺⁺拡散層84とn⁻拡散層85の長さ（紙面の左右方向）は、転送電極56、58、60の約半分の長さに形成されている。このような構造の電荷転送装置に電圧を印加すると、各転送電極55~60の直下にある半導体基板51表面にチャンネルが形成される（図示せず）。

【0201】この例では、チャンネルは、半導体基板51の表面に連続的に形成される。すなわち、短い方の転送電極55、57、59の直下にある半導体基板51のn拡散層83と長い方の転送電極56、58、60の直下にあるn⁺⁺拡散層84と、転送電極56、58、60の直下に形成されたn⁻拡散層85の3つの領域にそれぞれ、チャンネルが形成される。各々のチャンネルの長さ（紙面の左右方向の長さ）は、ほぼ等しい長さとなる。

【0202】ここでn⁻拡散層85の不純物濃度は、n⁺⁺拡散層84の不純物濃度よりも高くなるように形成しておく。

【0203】ここでは、n⁻拡散層85とn⁺⁺拡散層84の不純物濃度の比は、約1.4倍になるように設定している。この値は、空乏化されたときに、n拡散層83とのチャンネルの電位差を駆動パルス電圧の2/3程度とする。

【0204】こうすることによって第1の実施例で示したように、埋め込みチャンネル領域として用いられるn⁺⁺拡散層84とn⁻拡散層85と、半導体基板51に形成されたn拡散層83を空乏状態にすると、n⁺⁺拡散層84、n⁻拡散層85およびn拡散層83に形成されるチャンネルの電位は、n⁺⁺拡散層84の方がn拡散層83よりも高くなり、n⁻拡散層85の方がn拡散層83よりも高くなる。また、n⁻拡散層85の方がn⁺⁺拡散層84よりも高くなる。

【0205】電荷転送装置の転送速度を早くするためには、ある転送電極直下のポテンシャル井戸にある信号電荷を、隣の転送電極下のポテンシャル井戸に転送する速度を早くすればよい。しかし、この転送速度を早くしよ

うとしても、拡散とフリンジ電界によって制約を受ける。

【0206】一般に、拡散によってのみ全信号電荷を転送しようとする場合、その転送時間は転送電極のゲート長の2乗に比例する。また、同様にフリンジ電界によってのみ全信号電荷を転送しようとする場合、その転送時間はゲート長の3乗に比例する。従って、転送に要する時間を短くしようとすると、ゲート長を短くすればよい。この実施例の場合、 n^- 拡散層85の右端を長い方の転送電極56、58、60の右端に一致するように、 n^- 拡散層84の左端を長い方の転送電極56、58、60の左端に一致するように、その空間的な位置を定めてやることで実効的なゲート長を従来の約2/3に短くすることができる。

【0207】このように従来の場合に比べて、ゲート長が2/3になると、転送速度は、2倍程度早くなる。

【0208】ここでは、長い方の転送電極56、58、60の長さを、短い方の転送電極55、57、59の長さの約2倍に形成し、さらに、 n^- 拡散層85の長さ

(紙面の左右方向)を、転送電極56、58、60の約半分の長さに形成している。また、 n^- 拡散層85の右端が、ゲート酸化膜上に形成された転送電極56、58、60の右端の空間位置とほぼ一致している。また、 n^- 拡散層84の長さ(紙面の左右方向)を、転送電極56、58、60の約半分の長さに形成している。また、 n^- 拡散層84の左端が、ゲート酸化膜54上に形成された転送電極56、58、60の左端の空間位置とほぼ一致している。以上のような特徴を持つ電荷転送装置について説明した。

【0209】この時、転送電極55、56、57、58、59、60直下に形成された n^- 拡散層84の長さを L_1 、それに隣接する n^- 拡散層85の長さを L_2 、さらに n^- 拡散層85の他端に隣接した n^- 拡散層83の長さを L_3 とする。ここで $L_1 + L_2 + L_3 = L_0$ とする。

【0210】電荷の転送時間 T は、 $T = K \times (L_1^3 + L_2^3 + L_3^3)$ と示される。ただし K は定数である。

【0211】従来構造の2相駆動の電荷転送装置では、 $L_2 = 0$ 、 $L_1 = L_3 = L_0 / 2$ であるから電荷転送時間 T_0 は、 $T_0 = L_0^3 \times K / 4$ となる。

【0212】まず転送電極の長さが固定している場合、第3の実施例で説明したように、 $T_1 < T_0$ の不等式を満たす n を求める。

【0213】 n は、 $0.07 \leq n \leq 0.6$ となる。従って、 $0.1 \leq [L_1 / (2L_0 / 3)] \leq 0.9$ となる。

【0214】これより、長い方の転送電極56、58、60の長さが短い方の転送電極55、57、59の2倍である場合、 n^- 拡散層84の長さが長い方の転送電極56、58、60の長さの10%から90%の範囲であ

れば従来構造に対して電荷転送時間に関して優位性を保つことができる。

【0215】次に、転送電極の長さが変動する場合についても第3の実施例と全く同じように説明できる。すなわち、 $0.61 < (L_1 + L_2) / L_3$ となる。

【0216】これより長い転送電極56、58、60直下の n^- 拡散層84の長さが n^- 拡散層85のそれと等しい場合には、長い方の転送電極56、58、60の長さは短い方の転送電極55、57、59の長さの0.61倍以上であれば、従来構造の電荷転送装置よりも転送時間を短くすることができる。

【0217】また、 n^- 拡散層84の左端が、ゲート酸化膜上に形成された転送電極56、58、60の左端の空間位置とほぼ一致しているが、 n^- 拡散層84の左端が転送電極56、58、60の左端より左側に位置した場合、第1の実施例と同様に、隣の転送電極55、57、59の右端の位置までずれても何の問題もない。さらに左にずれこんだ場合には、電荷を転送する時に、電荷の取り残しを生じる。

【0218】また、 n^- 拡散層85の右端が、ゲート酸化膜上に形成された転送電極56、58、60の右端の空間位置とほぼ一致しているが、 n^- 拡散層85の右端が転送電極56、58、60の右端より右側にずれた場合、 n^- 拡散層85が隣の転送電極57、59の左端の位置までずれても問題はない。ただそれ以上右にずれこむと転送時に電荷の取り残しを生じる。

【0219】それぞれの転送電極55~60は、 SiO_2 からなる絶縁膜61によって保護されている。さらに、転送電極55~60は駆動電圧印加端子81、82に接続されている。各々の端子81、82に所定の2つの電圧が印加される。

【0220】ここで、端子81、82に印加される電圧を、それぞれ ϕ_1 、 ϕ_2 と称する。転送電極からの結線は、短い転送電極57、59と、それに隣接配置された長い転送電極56、58がそれぞれ1対1で結線している。

【0221】さらに、転送電極57と転送電極56は、端子81に接続され ϕ_1 の電圧が印加される。転送電極59と転送電極58は、端子82に接続され ϕ_2 の電圧が印加される。

【0222】以上のように、短い転送電極57、59と長い転送電極56、58を各々結線したものを単位として、その単位毎に端子81、82を交互に接続されている。

【0223】以上のような電荷転送装置において、第1の実施例と異なるのは、埋め込みチャンネル型電荷転送装置を n^- 拡散層83に長い転送電極下56、58、60に n^- 拡散層84と n^- 拡散層85が設けられていることである。 n^- 拡散層84の不純物濃度は n^- 拡散層83の不純物濃度よりも高く、 n^- 拡散層85の不純物濃度

29

はさらに n^{++} 拡散層84よりも高く形成しておく。こうすることによって埋め込みチャンネル型電荷転送装置として用いる n 拡散層83と n^{++} 拡散層84と n^{-} 拡散層85を空乏状態にしたとき、それらのチャンネル電位は n^{-} 拡散層85、 n^{++} 拡散層84、 n 拡散層83の順に高くなる。

【0224】図11は、図8に示した時刻 t_1 におけるチャンネル部の電位分布を示している。16、17は信号電荷である。領域A5～I5は図1に示した転送電極の領域A2～I2に対応する。

【0225】初期の状態では、 ϕ_1 はL、 ϕ_2 はHである。この状態では、転送電極57、58直下にある半導体基板51表面には、チャンネルが形成されている。この部分には、ポテンシャル井戸が形成され信号電荷が蓄積することができる。転送電極57、58を挟んだ転送電極55、56と、転送電極59、60は、電圧がLなので、チャンネルは形成されていない。以上のように初期状態では、信号電荷は、転送電極57、58直下のチャンネルに蓄積されうる状態にある。

【0226】次に、 ϕ_1 と ϕ_2 の電圧は同時に、逆相となる。すなわち、 ϕ_1 の電圧がLからHになると同時に、 ϕ_2 の電圧がHからLになる。この変化によって、転送電極55、56と転送電極59、60直下にはチャンネルが形成される。このような状態の時刻を $t=t_1$ と示す。

【0227】 ϕ_1 の電圧は、 ϕ_2 の電圧と逆相で印加される。このため、領域B5、C5、D5に蓄積された信号電荷16は、 ϕ_1 と ϕ_2 の電圧が逆相、 ϕ_1 がLに、 ϕ_2 がHになると、領域B5、C5、D5のポテンシャルは低くなり、逆に隣接した領域E5、F5、G5のポテンシャルは高くなる。このため、信号電荷16は、領域B5、C5、D5から領域E5、F5、G5へと移動する。この時、領域H5、I5に蓄積された信号電荷17もまた、紙面に向かって右方向に信号電荷17は移していく。

【0228】一般に埋め込みチャンネル型の電荷転送装置では、拡散よりもフリンジ電界による転送が支配的であるため、転送に要する転送時間はほぼゲート長の3乗に比例する。

【0229】従来例と比べて、本実施例の電荷転送装置では、実効的なゲート長が約2/3になっているため転送時間は大幅に短縮される。

【0230】ただし、長い方の転送電極56、58、60に着目すると、一度に2ゲート分を転送しなければならないので転送時間は従来例の約44%に短縮されることになる。

【0231】次に本発明による第5の実施例である電荷転送装置の製造方法を図12を用いて説明する。図12は、第1の実施例に示した電荷転送装置の製造方法である。

30

【0232】図12(a)は1層目の転送電極を形成した状態を示すものである。まず、 p 型シリコンウエハの半導体基板91の主面全面に、 n 型不純物のイオン注入する。この後、高温での熱処理を行ない n^{-} 拡散層92を形成する。

【0233】次に、 n^{-} 拡散層92上に、酸化膜93を、熱CVDで形成する。さらに、酸化膜93上に、短い転送電極94、95、96となる多結晶シリコン膜を形成する。

10 【0234】その後、通常の写真リソグラフィを用いて短い転送電極94、95、96が形成される領域にレジストパターンを形成する。レジストパターンをマスクにドライエッチングを酸化膜93が露出するまで行なう。このようにして短い転送電極94、95、96が形成される。

【0235】その後、通常の写真リソグラフィを用いてレジストパターン97を形成する(図12(b))。

20 【0236】レジストパターン97は、後の工程でイオン注入のマスクとする。このため転送電極95の一部に少なくともレジストパターン97の一端がかかるように形成されている。レジストパターン97の他端は、長い転送電極下形成される拡散層の一端の位置を決めている。この拡散層の他端は、隣の短い転送電極96の露出した一端の位置で決められる。このように、拡散層の一端はレジストパターン97の端と、隣の転送電極96の端との間の領域に形成される。この領域は酸化膜93が表面に露出している。

30 【0237】次に、図12(c)に示すように、レジストパターン97と短い転送電極94、95、96とをマスクにしてリンあるいは砒素のイオンを注入する(矢印98)。

【0238】次に、レジストパターン97を除去した後、熱処理を行ない、 n 拡散層99を形成する。 n 拡散層99の幅は高精度に制御する必要はなく、後の工程で形成される長い転送電極下のチャンネルをほぼ2等分すればよい。

40 【0239】イオン注入領域の一方のエッジは短い転送電極で決まり、また他方は緩い精度で良いのでリソグラフィ工程におけるマスク合わせが容易である。

【0240】この後、レジストパターン97を除去する。次に、酸化雰囲気中で半導体基板91を熱処理する。この処理によって短い転送電極94、95、96表面に酸化膜102が形成される。

50 【0241】次いで半導体基板91の主面全面に多結晶シリコン膜を形成する。その後、通常の写真リソグラフィを用いて長い転送電極100、101が形成される領域にレジストパターンを形成する。レジストパターンをマスクにドライエッチングを酸化膜102が露出するまで行なう。このようにして長い転送電極100、1

31

01が形成される(図12(d))。

【0242】次に本発明による電荷転送装置の製造方法についての第6の実施例を図13を用いて説明する。図13は、第2の実施例に示した電荷転送装置の製造方法である。

【0243】図13(a)は1層目の転送電極を形成した状態を示すものである。まず、p型シリコンウエハの半導体基板91の主面全面に、n型不純物のイオン注入する。この後、高温での熱処理を行ないn⁺拡散層103を形成する。

【0244】次に、n⁺拡散層103上に、酸化膜93を、熱CVDで形成する。さらに、酸化膜93上に、短い転送電極94、95、96となる多結晶シリコン膜を形成する。

【0245】その後、通常的光リソグラフィを用いて短い転送電極94、95、96が形成される領域にレジストパターンを形成する。レジストパターンをマスクにドライエッチングを酸化膜93が露出するまで行なう。このようにして短い転送電極94、95、96が形成される。

【0246】その後、通常的光リソグラフィを用いてレジストパターン103を形成する(図13(b))。

【0247】レジストパターン104は、後の工程でイオン注入のマスクとする。このため転送電極95の一部に少なくともレジストパターン104の一端がかかるように形成されている。レジストパターン104の他端は、長い転送電極下に形成される拡散層の一端の位置を決めている。この拡散層の他端は、隣の短い転送電極94の露出した一端の位置で決められる。このように、拡散層の一端はレジストパターン104の端と、隣の転送電極94の端との間の領域に形成される。この領域は酸化膜93が表面に露出している。

【0248】次に図13(c)に示すように、レジストパターン104と短い転送電極94、95、96とをマスクにしてホウ素のイオンを注入する(矢印98)。

【0249】次に、レジストパターン104を除去した後、熱処理を行ない、n⁺拡散層105を形成する。n⁺拡散層105の幅は高精度に制御する必要はなく、後の工程で形成される長い転送電極下のチャンネルをほぼ2等分すればよい。

【0250】イオン注入領域の一方のエッジは短い転送電極で決まり、また他方は緩い精度で良いのでリソグラフィ工程におけるマスク合わせが容易である。

【0251】この後、レジストパターン104を除去する。次に、酸化雰囲気中で半導体基板91を熱処理する。この処理によって短い転送電極94、95、96表面に酸化膜102が形成される。

【0252】次いで半導体基板91の主面全面に多結晶シリコン膜を形成する。その後、通常的光リソグラ

32

フィーを用いて長い転送電極100、101が形成される領域にレジストパターンを形成する。レジストパターンをマスクにドライエッチングを酸化膜102が露出するまで行なう。このようにして長い転送電極100、101が形成される(図13(d))。

【0253】以上のように、本実施例では第5の製造方法と同様の理由でマスク合わせが簡単になる。

【0254】次に本発明による電荷転送装置の製造方法についての第7の実施例を図14ないし図18を用いて説明する。図14ないし図18は、第3の実施例に示した電荷転送装置の製造方法である。

【0255】図14は1層目の転送電極を形成した状態を示すものである。まず、p型シリコンウエハの半導体基板91の主面全面に、n型不純物のイオンを注入する。この後、高温での熱処理を行ないn⁺拡散層106を形成する。

【0256】次に、n⁺拡散層106上に、酸化膜93を、熱CVDで形成する。さらに、酸化膜93上に、短い転送電極94、95、96となる多結晶シリコン膜を形成する。

【0257】その後、通常的光リソグラフィを用いて短い転送電極94、95、96が形成される領域にレジストパターンを形成する。レジストパターンをマスクにドライエッチングを酸化膜93が露出するまで行なう。このようにして短い転送電極94、95、96が形成される。

【0258】この短い転送電極94、95、96をマスクにイオン注入を行なう(矢印107)。この後、熱処理を行いn⁺拡散層108を形成する。n⁺拡散層108は、イオン注入のセルフアライメントで形成している。このためn⁺拡散層108の幅は、特定の転送電極94と、その隣の短い転送電極95との距離、あるいは転送電極95と転送電極96との距離に設定される(図15)。

【0259】その後、通常的光リソグラフィを用いてレジストパターン107を形成する(図16)。

【0260】レジストパターン107は、後の工程でイオン注入のマスクとする。このため転送電極95の一部に少なくともレジストパターン107の一端がかかるように形成されている。レジストパターン107の他端は、長い転送電極下に形成される拡散層の一端の位置を決めている。この拡散層の他端は、隣の短い転送電極94の露出した一端の位置で決められる。このように、拡散層の一端はレジストパターン107の端と、隣の転送電極94の端との間の領域に形成される。この領域は酸化膜93が表面に露出している。

【0261】次に、図17に示すように、レジストパターン107と短い転送電極94、95、96とをマスクにしてリンあるいは砒素のイオンを注入する(矢印110)。

【0262】つぎに、レジストパターン107を除去した後、熱処理を行ない、n 拡散層111を形成する。n 拡散層111の幅は高精度に制御する必要はなく、後の工程で形成される長い転送電極下のチャンネルをほぼ2等分すればよい。

【0263】イオン注入領域の一方のエッジは短い転送電極で決まり、また他方は緩い精度で良いのでリソグラフィ工程におけるマスク合わせが容易である。

【0264】この後、レジストパターン107を除去する。次に、酸化雰囲気中で半導体基板91を熱処理する。この処理によって短い転送電極94、95、96表面に酸化膜102が形成される。

【0265】次いで半導体基板91の主面全面に多結晶シリコン膜を形成する。その後、通常のリソグラフィを用いて長い転送電極100、101が形成される領域にレジストパターンを形成する。レジストパターンをマスクにドライエッチングを酸化膜102が露出するまで行なう。このようにして長い転送電極100、101が形成される(図18)。

【0266】以上のように、本実施例では第5、6の実施例の製造方法と同様の理由でマスク合わせが簡単になる。

【0267】すなわち、埋め込み型チャンネルとしてn⁺ 拡散層106、長い転送電極下にn⁺ 拡散層108とn 拡散層111が設けられているものである。

【0268】なお、第4の実施例に示した構造も、第三の製造方法においてレジストパターン形成位置を第二の製造方法と同じにし、注入するイオン種をホウ素とすることによって同様に得られる。

【0269】

【発明の効果】以上のように転送電極の長さを変え、かつ長い方の転送電極下のチャンネル部を不純物濃度の異なる領域に分割することにより、信号電荷の転送速度が向上し、一定の転送周波数のもとでは信号電荷の取り残しが著しく減少して転送品質が向上する。また、同一品質の転送であれば転送周波数を高くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例による電荷転送装置の断面図である。

【図2】本発明の第1の実施例の電荷転送装置の印加電圧の状態を示す図である。

【図3】本発明の第1の実施例の電荷転送装置の信号電荷の様子を示す図である。

【図4】本発明の第1の実施例の電荷転送装置の信号電荷の詳細な様子を示す図である。

【図5】本発明の第2の実施例による電荷転送装置の断面図である。

【図6】本発明の第2の実施例の電荷転送装置の信号電荷の様子を示す図である。

【図7】本発明の第3の実施例による電荷転送装置の断面図である。

【図8】本発明の第3の実施例の電荷転送装置の印加電圧の状態を示す図である。

【図9】本発明の第3の実施例の電荷転送装置の信号電荷の様子を示す図である。

【図10】本発明の第4の実施例による電荷転送装置の断面図である。

【図11】本発明の第4の実施例の電荷転送装置の信号電荷の様子を示す図である。

【図12】本発明の第5の実施例の電荷転送装置の製造方法を示す工程順断面図である。

【図13】本発明の第6の実施例の電荷転送装置の製造方法を示す工程順断面図である。

【図14】本発明の第7の実施例の電荷転送装置の製造方法を示す工程順断面図である。

【図15】本発明の第7の実施例の電荷転送装置の製造方法を示す工程順断面図である。

【図16】本発明の第7の実施例の電荷転送装置の製造方法を示す工程順断面図である。

【図17】本発明の第7の実施例の電荷転送装置の製造方法を示す工程順断面図である。

【図18】本発明の第7の実施例の電荷転送装置の製造方法を示す工程順断面図である。

【図19】従来の電荷転送装置を説明する断面図である。

【図20】従来の電荷転送装置の印加電圧の状態を示す図である。

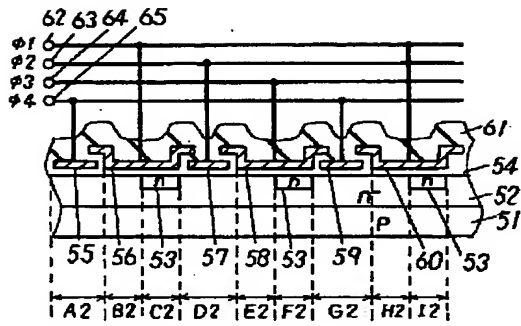
【図21】従来の電荷転送装置の信号電荷の様子を示す図である。

【図22】従来の電荷転送装置の信号電荷の詳細な様子を示す図である。

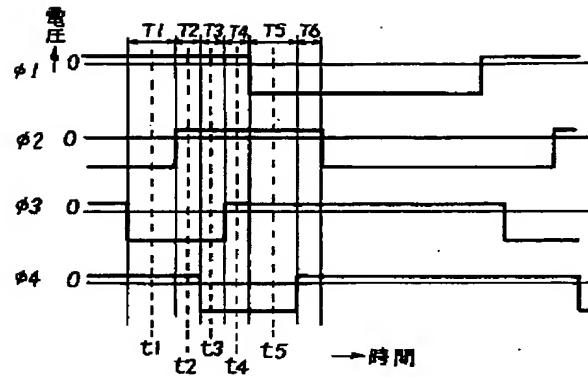
【符号の説明】

- | | |
|--------------|--------------------|
| 1 | 半導体基板 |
| 2 | n ⁺ 拡散層 |
| 3 | n 拡散層 |
| 4 | 酸化膜 |
| 5、6、7、8、9、10 | 転送電極 |
| 11 | 絶縁層 |
| 12、13、14、15 | 電圧印加端子 |

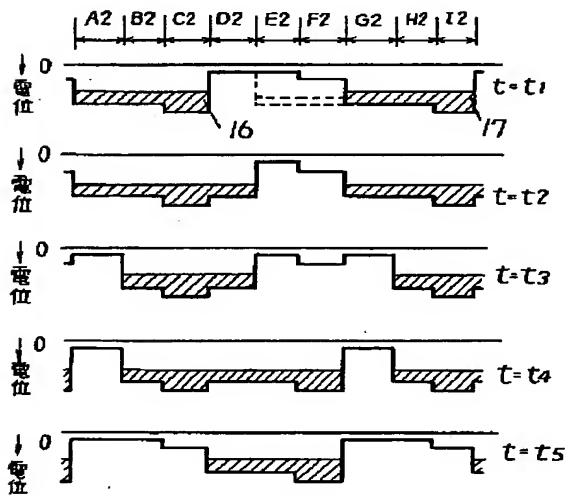
【図1】



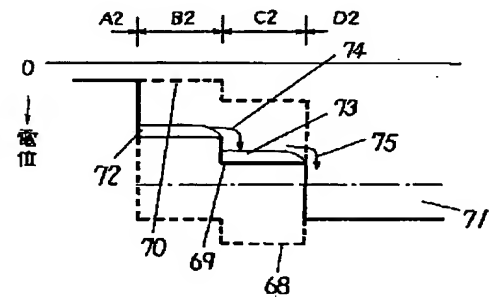
【図2】



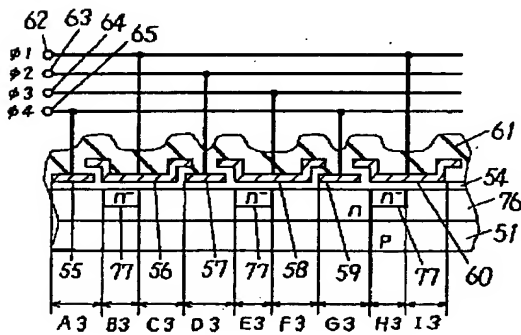
【図3】



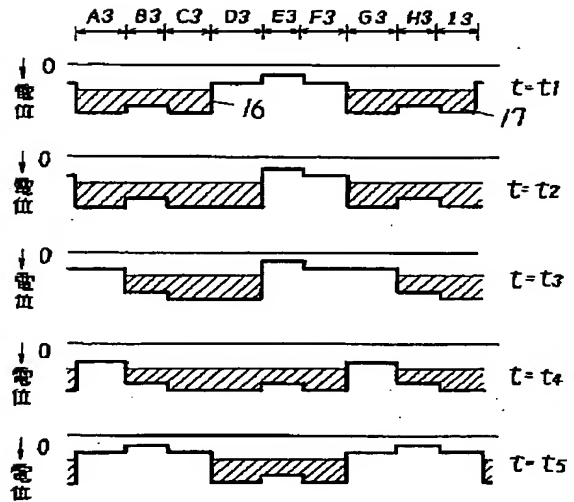
【図4】



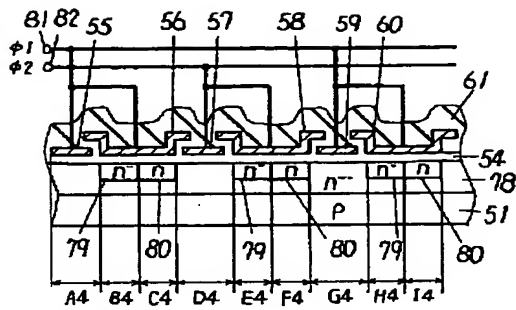
【図5】



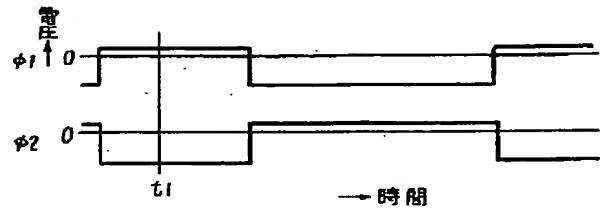
【図6】



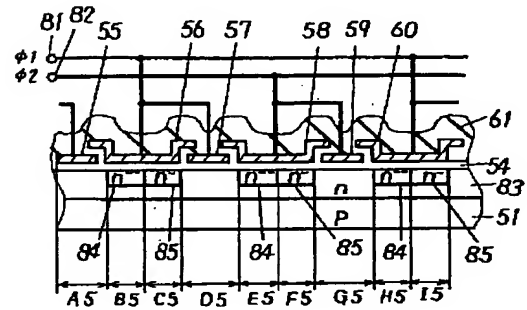
【図7】



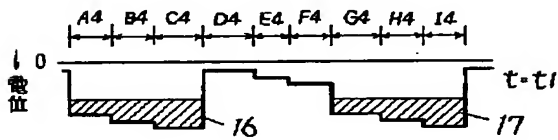
【図8】



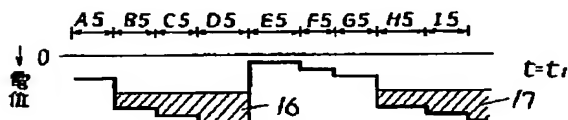
【図10】



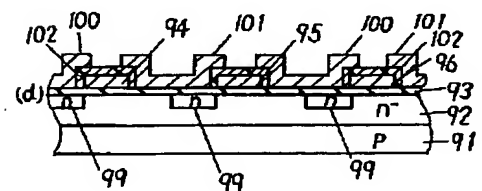
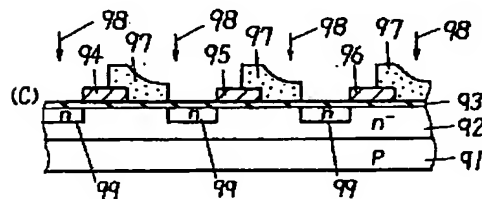
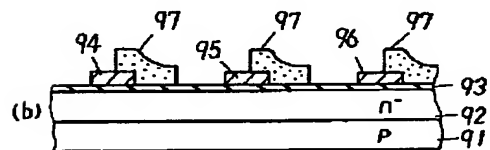
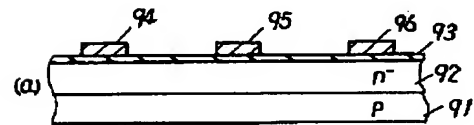
【図9】



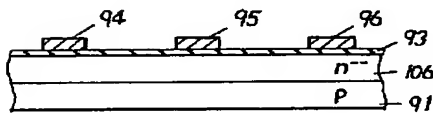
【図11】



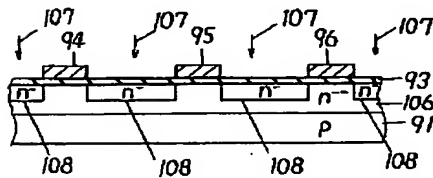
【図12】



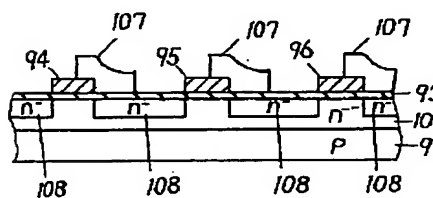
【図14】



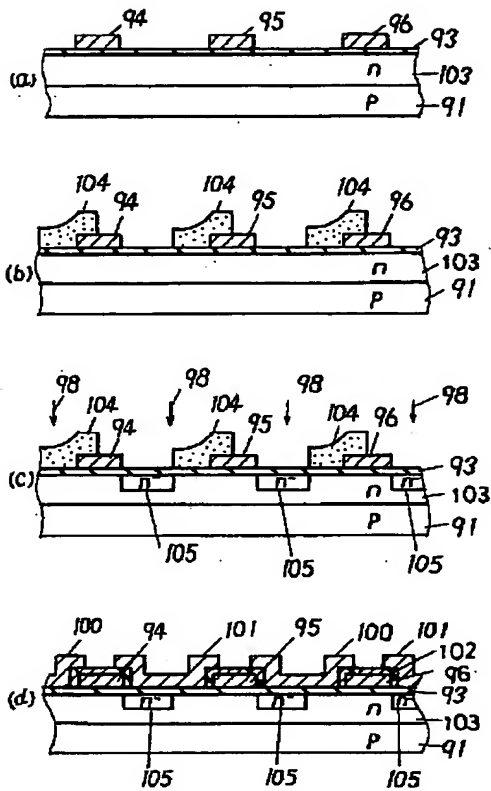
【図15】



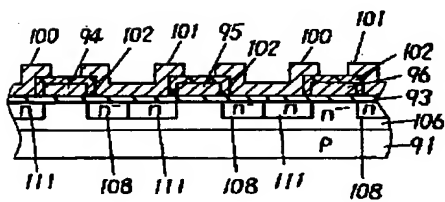
【図16】



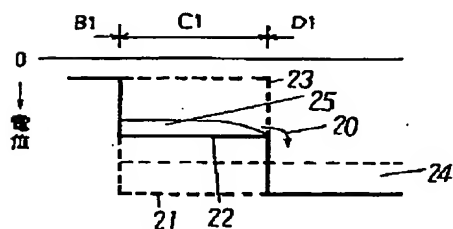
【図13】



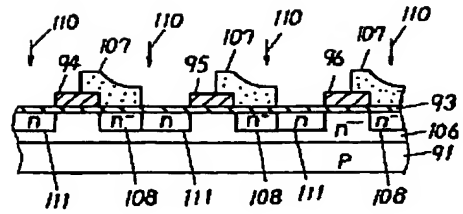
【図18】



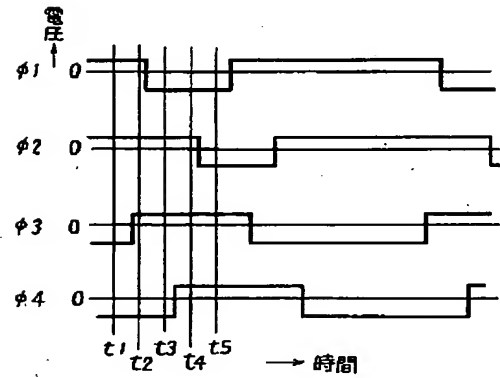
【図22】



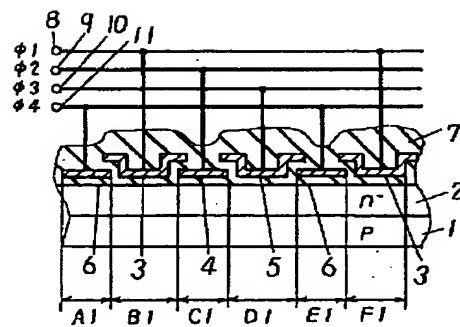
【図17】



【図20】



【図19】



【図 21】

